Environnement Canada
Direction générale des eaux intérieures
Région du Québec

Environment Canada
Inland Waters Directorate
Quebec Region

ÉTUDE DE LA QUALITÉ DES EAUX DE RIVIÈRES TRANSFRONTALIÈRES DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE SAINT-JEAN

Gilles Guay *
Harm Sloterdijk **

* Environnement Illimité Inc.
Montréal , Québec

** Environnement Canada
Service de la conservation de l'environnement
Direction générale des eaux intérieures
Région du Québec

Contrat 12SD.KA313-3-2703

Canada

1985

RÉSUMÉ

La Direction générale des eaux intérieures d'Environnement Canada - région du Québec, a mis sur pied en 1980 un programme d'échantillonnage des eaux transfrontalières du bassin versant de la rivière Saint-Jean. Ce bassin versant s'étend, en partie, dans les provinces du Québec et du Nouveau-Brunswick et également dans l'état du Maine. Le territoire est principalement boisé et peu développé; la population montre une prédominance de la vie rurale.

Le présent rapport présente et discute les résultats analytiques relatifs à la qualité de l'eau, aux substances toxiques dans des ménés et à la diversité des communautés benthiques.

La diversité et le calcul de l'indice biotique des communautés benthiques du bassin versant de la rivière Saint-Jean permettent d'évaluer l'état de l'eau de bon à excellent sauf pour la rivière Saint-François où les résultats reflètent des eaux plus contaminées.

L'analyse des substances toxiques dans les poissons (ménés) révèle des concentrations relativement élevées de mercure dans le bassin versant, provenant probablement d'une contamination de sources diffuses.

La qualité générale de l'eau de l'ensemble des rivières du bassin est acceptable malgré la coloration et la turbidité relativement élevées. Les concentrations des paramètres physico-chimiques sont généralement comparables aux valeurs observées dans les eaux naturelles du Québec. Toutefois, la contamination bactérienne de l'eau est relativement élevée, particulièrement dans le sous-bassin de la rivière Saint-François, ce qui compromet la consommation de l'eau et les activités récréatives exigeant un contact avec l'eau.

ABSTRACT

A sampling program for the watershed of the St.John river transboundary waters has been put forward in 1980 by the Inland Waters Directorate of Environment Canada (Quebec region). The catchment covers territories in the provinces of Quebec and New-Brunswick and in the State of Maine. It consists mainly of wooded lands, with few developments, and the population has a predominantly rural lifestyle.

This report presents and discusses the analytical results concerning water quality, toxic substances in minnows and benthic communities diversity.

According to the diversity results and to the calculated biotic index of benthic communities, the water quality may be classified from "good" to "excellent", except for the St.François River where the results are indicative of polluted waters.

Toxic substances in minnows show relatively high concentrations of mercury within the catchment. This contamination probably originates from diffuse sources.

The general water quality of most rivers of the catchment is acceptable, despite high color and turbidity values. The physico-chemical parameter concentrations are usually comparable with natural waters values. However, bacterial contamination is relatively high in the St.François sub-basin. This compromises water consumption and recreationnal activities in that catchment.

REMERCIEMENTS

Les personnes impliquées dans la collecte, l'analyse et le rendu écrit de cet ouvrage sont trop nombreuses pour être citées. Nous tenons à remercier Francine Dufort pour l'identification des organismes benthiques, le personnel permanent et temporaire travaillant au Programme de la qualité des eaux (Relevés et Laboratoire) de la Direction générale des eaux intérieures d'Environnement Canada (DGEI). Plus spécifiquement, nous remercions les personnes suivantes pour leurs commentaires sur le texte de ce rapport: Mario Janson, André Germain, John Haemmerli, Madeleine Papineau, Jean-Yves Charest et Raymond Lemieux de la DGEI-Q et Louis Désilets de la Division du monitorage, Direction de la qualité des eaux, Administration centrale.

TABLE DES MATIÈRES

		PAGE
	RÉSUMÉ	i
	ABSTRACT	ii
	REMERCIEMENTS	iii
	TABLE DES MATIÈRES	v
	LISTE DES TABLEAUX	ix
	LISTE DES FIGURES	xi
	INTRODUCTION	1
1.0	LE TERRITOIRE	3
2.0	L'ÉCHANTILLONNAGE	7
	2.1 L'eau de surface	7
	2.2 Études spéciales	7
3.0	DESCRIPTION PHYSIQUE DES STATIONS ET RÉSULTATS ANALYTIQUES DE LA QUALITÉ DE L'EAU	13
	3.1 Le bassin versant de la rivière Saint-Jean	14
	3.1.1 Le bassin	14
	3.1.2 Sommaire des résultats	16
	3.2 Le sous-bassin de la rivière Saint-Jean, branche sud-ouest	18
	3.2.1 Sommaire des résultats	20
	3.2.2 La station 9317	22
	3.2.2.1 Le milieu physique	22
	3.2.2.2 Résultats et discussion	22
	3.2.3 La station 9316	23
	3.2.3.1 Le milieu physique	24
	3.2.3.2 Résultats et discussion	24

TABLE DES MATIÈRES (suite)

		PAGE
3.2.4	La station 9315	24
3.2.4.1	Le milieu physique	25
3.2.4.2	Résultats et discussion	25
3.2.5	La station 9314	26
3.2.5.1	Le milieu physique	26
3.2.5.2	Résultats et discussion	26
3.3	Le sous-bassin de la rivière Daaquam	27
3.3.1	Le milieu physique	27
3.3.2	Résultats et discussion	28
3.4	Le sous-bassin du lac Frontière	30
3.4.1	Le milieu physique	30
3.4.2	Résultats et discussion	32
3.5	La Grande Rivière Noire	32
3.5.1	Le bassin versant	32
3.5.2	Le sous-bassin de la Grande Rivière Noire	33
3.5.2.1	Le milieu physique	33
3.5.2.2	Résultats et discussion	33
3.5.3	Le sous-bassin de la rivière des Gagnon	34
3.5.3.1	Le milieu physique	34
3.5.3.2	Résultats et discussion	35
3.5.4	Le sous-bassin de la rivière Saint-Roch	36
3.5.4.1	Le milieu physique	36
3.5.4.2	Résultats et discussion	36
3.6	La rivière Saint-François	38
3.6.1	Le bassin	38

TABLE DES MATIÈRES (suite)

		PAGE
3.6.2	Sommaire des résultats	40
3.6.3	La station 9321	44
3.6.3.1	Le milieu physique	44
3.6.3.2	Résultats et discussion	44
3.6.4	La station 9306	45
3.6.4.1	Le milieu physique	45
3.6.4.2	Résultats et discussion	45
3.6.5	La station 9319	46
3.6.5.1	Résultats et discussion	46
3.6.6	La station 9320	46
3.6.6.1	Résultats et discussion	46
3.6.7	La station 9305	47
3.6.7.1	Le milieu physique	47
3.6.7.2	Résultats et discussion	47
3.6.8	La station 9318	48
3.6.8.1	Résultats et discussion	48
3.6.9	La station 9304	48
3.6.9.1	Le milieu physique	48
3.6.9.2	Résultats et discussion	49
4.0	RÉSULTATS D'ÉCHANTILLONNAGE DU BENTHOS	51
4.1	Rôles des organismes benthiques dans la caractérisation des eaux	51
4.2	Calcul de la diversité et de l'indice biotique des communautés benthiques	52
4.3	Interprétation des résultats	55
5.0	RÉSULTATS D'ÉCHANTILLONNAGE DES POISSONS	57
5.1	Critères d'évaluation	57
5.2	Résultats analytiques	57

TABLE DES MATIÈRES (suite)

PAGE

6.0 CONCLUSION..... 61

BIBLIOGRAPHIE..... 65

APPENDICE I DONNÉES BRUTES DE LA FAUNE BENTHIQUE

APPENDICE 2 LES PARAMÈTRES MESURÉS ET LEUR SIGNIFICATION

LISTE DES TABLEAUX

PAGE

TABLEAU 1 Liste des stations d'échantillonnage de la qualité de l'eau des rivières transfrontalières: Bassin versant de la rivière Saint-Jean..... 5

TABLEAU 2 Tournées d'échantillonnage et analyses effectuées aux stations du réseau de la qualité de l'eau des rivières transfrontalières: Bassin versant de la rivière Saint-Jean..... 8

TABLEAU 3 Modes de préservation et d'entreposage des échantillons d'eau..... 9

TABLEAU 4 Composantes de l'environnement analysées aux stations du réseau de la qualité de l'eau des rivières transfrontalières: Bassin versant de la rivière Saint-Jean..... 10

TABLEAU 5 Principes directeurs pour les eaux destinées aux principaux usages..... 15

TABLEAU 6 Résultats analytiques du sous-bassin versant de la rivière Saint-Jean..... 21

TABLEAU 7 Résultats analytiques des sous-bassins versants de la rivière Daaquam, Lac Frontière, Grande Rivière Noire, rivière des Gagnon..... 29

TABLEAU 8 Résultats analytiques du sous-bassin versant de la rivière Saint-Roch..... 37

TABLEAU 9 Résultats analytiques du sous-bassin versant de la rivière Saint-François..... 41

LISTE DES TABLEAUX (suite)

PAGE

TABLEAU 10 Résultats d'échantillonnage de la faune benthique..... 54

TABLEAU 11 Résultats d'analyse des métaux lourds, des BPC et des pesticides organochlorés dans la chair des ménés des rivières transfrontalières: Bassin versant de la rivière Saint-Jean..... 59

TABLEAU 12 Concentration de métaux lourds dans les poissons du fleuve Saint-Laurent (1976)..... 60

LISTE DES FIGURES

		PAGE
FIGURE 1	Bassin versant de la rivière Saint-Jean (partie supérieure).....	4
FIGURE 2	Localisation des stations d'échantillonnage des sous-bassins versants des rivières Saint-Jean et Daaquam.....	19
FIGURE 3	Localisation des stations d'échantillonnage des sous-bassins versants: Lac Frontière, Grande Rivière Noire, Rivière des Gagnon, Rivière Saint-Roch.....	31
FIGURE 4	Localisation des stations d'échantillonnage des sous-bassins versants de la rivière Saint-François.....	39

INTRODUCTION

La Direction générale des eaux intérieures d'Environnement Canada - région du Québec (DGEI-Q) a reçu le mandat d'étudier les lacs et rivières qui traversent ou longent la frontière canado-américaine. Les buts consistent à évaluer la qualité de ces eaux, à identifier les problèmes de pollution, à fournir les données nécessaires aux gestionnaires concernés et à informer le public.

La DGEI-Q a amorcé en 1979 une étude sur les eaux transfrontalières. Le Direction de la planification et de la gestion (DPG) de la DGEI-Q a préparé un rapport socio-économique portant sur la démographie, l'industrialisation, l'agriculture, l'exploitation hydro-électrique, le tourisme et l'utilisation récréative des différents bassins versants (Bernier, 1981). De plus, une bibliographie a été complétée et distribuée aux divers participants à l'étude. Un second rapport, décrivant les aspects physiques des bassins versants des rivières transfrontalières, a été produit par la Direction de la qualité de l'eau de la DGEI-Q (Choinière, 1984).

La Direction de la qualité de l'eau (maintenant Programme de la qualité et quantité des eaux), région du Québec (DQE-Q) a pris en charge l'étude de la qualité du milieu aquatique. L'échantillonnage des eaux traversant le 45^{e} parallèle (Transfrontalier 1: TF1) a débuté en mai 1979. Un rapport technique interprétant les résultats d'analyses du réseau TFI a été produit (Sloterdijk et Guay, 1982). A partir de mai 1980, l'échantillonnage des eaux s'est étendu aux tributaires du cours supérieur de la rivière Saint-Jean (Transfrontalier 2: TF2). Comme dans le cas des eaux du secteur TF1, une étude d'ensemble fut effectuée au cours du mois de juillet.

Il est important de noter qu'en 1972, les gouvernements du Canada et des États-Unis ont créé un groupe de travail officiel appelé Comité Canada-États-Unis sur la qualité des eaux de la rivière Saint-Jean, dans le but de rétablir la qualité des eaux de la rivière. Par la suite, trois sous-comités ont été créés (août 1976, janvier 1977 et mai 1979) pour élaborer des objectifs de qualité de l'eau pour les utilisateurs des eaux interna-

tionales du bassin de cette rivière (Sous-Comité International de la qualité de l'eau de la rivière Saint-Jean, 1980).

Le présent rapport ne traite que des eaux du secteur TF2 et des données qui s'y rattachent. La discussion porte essentiellement sur les écosystèmes en rivière; l'étude des écosystèmes lacustres (lacs de l'Est et Beau) sera présentée dans un autre rapport (Germain et al., 1984; manuscrit en préparation).

1.0 LE TERRITOIRE

Le territoire étudié couvre le bassin versant de la rivière Saint-Jean qui s'étend, en partie, dans les provinces du Québec et du Nouveau-Brunswick et également dans l'état du Maine (figure 1). Toutefois, seule la partie supérieure de la rivière, située entre son origine et la frontière Québec-Nouveau-Brunswick, sera traitée dans cette étude. Les noms des rivières ainsi que les anciens numéros des stations d'échantillonnage et les codes Naquadat sont présentés au tableau 1.

Il est intéressant de noter que la rivière Saint-Jean délimite la frontière entre le Canada et les États-Unis sur plusieurs kilomètres de son parcours. Plusieurs rivières se greffent au tronçon principal de la rivière Saint-Jean; les principales sont les suivantes: la rivière Daaquam, la décharge du lac Frontière, la Grande rivière Noire, la rivière des Gagnon, la rivière Saint-Roch et finalement la rivière Saint-François.

La rivière Saint-Jean termine son périple à Saint-Jean, Nouveau-Brunswick, où ses eaux se déversent dans la baie de Fundy. Une estimation nous permet d'attribuer au bassin versant de la rivière Saint-Jean une superficie totale d'environ 55 800 km^2. La superficie étudiée du bassin est de 3 885 km^2 soit 7% de la superficie totale (Choinière, 1984).

Figure 1
Bassin versant de la rivière Saint-Jean (partie supérieure)

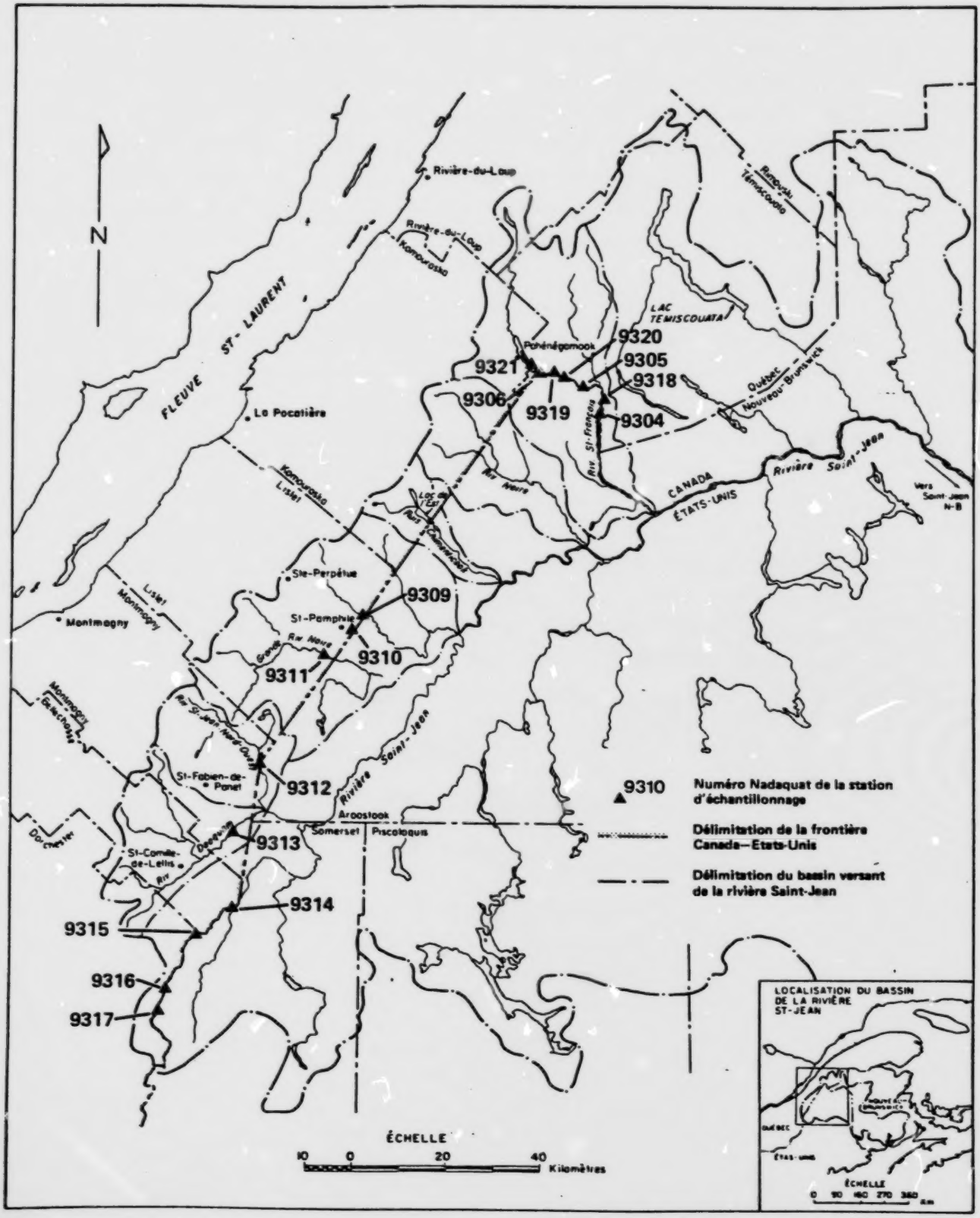


TABLEAU 1

LISTE DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE DE LA QUALITÉ DE L'EAU DES RIVIÈRES TRANSFRONTALIÈRES: BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE SAINT-JEAN (TF2)

Cours d'eau	# Station*	# Naquadat**	Description
Riv. Saint-Jean	SJ4	00QU01AA9317	Située à environ 7,5 km à l'est de Ste-Aurélie.
Riv. Saint-Jean	SJ3	00QU01AA9316	Située à environ 10 km au sud-est de St-Louis-de-Gonzague.
Riv. Saint-Jean	SJ2	00QU01AA9315	Située à environ 6 km au sud-est de Gagnon.
Riv. Saint-Jean	SJ1	00QU01AA9314	Située à environ 15 km au sud de St-Camille-de-Lellis.
Riv. Daaquam	RD2	00QU01AA9313	Située à environ 1,5 km au sud de St-Juste-de-Bretenières.
Lac Frontière	LF1	01QU01AA9312	Située sous le pont de bois à la sortie du lac.
Grande Riv. Noire	GN1	00QU01AB9311	Située à 6 km à l'ouest de St-Pamphile sur la route #204.
Riv. des Gagnon	RDG1	00QU01AB9310	Située à 3 km à l'est de St-Pamphile.
Riv. St-Roch	SR1	00QU01AB9309	Située à 5 km à l'est de St-Pamphile.
Riv. Saint-François	SF9	00QU01AD9321	Située sous le pont de la route #289 à St-Pierre-d'Estcourt.
Riv. Saint-François	SF3	00QU01AD9306	Située à environ 70 mètres en aval de la station SF9.
Riv. Saint-François	SF4a	00QU01AD9319	Située sur la structure en béton près du dépotoir de Sully.
Riv. Saint-François	SF4	00QU01AD9320	Située à environ 1 km au nord de la limite sud de Pohénégamook.
Riv. Saint-François	SF2	00QU01AD9305	Située près de Landry, à 5 km à l'aval de la station SF4.
Riv. Saint-François	SF5	00QU01AD9318	Située au sud de la riv. Bleue, à 2,2 km de l'intersection principale.
Riv. Saint-François	SF1	00QU01AD9304	Située à environ 1 km de la partie amont du lac Beau.

* Ancien numéro de la station.

** Le système Naquadat réfère à la banque nationale des données de la Direction de la qualité des eaux d'Environnement Canada. Habituellement, les quatre derniers chiffres sont retenus pour identifier une station.

2.0 L'ÉCHANTILLONNAGE

2.1 L'EAU DE SURFACE

La collecte d'échantillons d'eau a été réalisée entre les mois de mai 1980 et février 1983. Les échantillons ont été prélevés et préservés selon les techniques habituelles de la Direction de la qualité des eaux (Environnement Canada, 1983). L'échantillonnage a été effectué à partir des ponts ou des rives. Les périodes d'échantillonnage et les analyses effectuées sont présentées au tableau 2.

Tous les échantillons ont été conservés au frais, et des préservatifs ont été ajoutés aux échantillons destinés aux analyses de métaux à l'état de trace et de substances nutritives (tableau 3). Les analyses ont été effectuées au laboratoire de la Division de la qualité des eaux (région du Québec) à Longueuil (Environnement Canada, 1981).

Les échantillons destinés aux analyses bactériologiques et au dosage du carbone organique total ont été prélevés au cours de quelques tournées d'échantillonnage seulement. Ces analyses ont été effectuées par le laboratoire du Service de protection de l'environnement à Longueuil, selon des méthodes standards (APHA et al., 1976; Environnement Canada, 1981).

2.2 ÉTUDES SPÉCIALES

Au mois de juillet 1980, une étude spéciale a été effectuée aux stations d'échantillonnage (à proximité de la frontière) en y prélevant, quand leur présence le permettait (tableau 4), des échantillons de benthos pour évaluer la nature biologique du site, ainsi que des poissons (ménés), afin d'évaluer la présence des substances toxiques (métaux à l'état de trace, B.P.C. et pesticides organochlorés). De plus, le milieu physique a été caractérisé selon le type de cours d'eau, la végétation, etc. Le tableau 4 identifie les composantes de l'environnement analysées aux différentes stations du bassin versant de la rivière Saint-Jean.

TABLEAU 2

TOURNÉES D'ÉCHANTILLONNAGE ET ANALYSES EFFECTUÉES AUX STATIONS DU RÉSEAU DE LA QUALITÉ DE L'EAU DES RIVIÈRES TRANSFRONTALIÈRES: BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE SAINT-JEAN (TF2)

	SUBSTANCES NUTRITIVES	MÉTAUX LOURDS	MERCURE	IONS MAJEURS	TESTS PHYSIQUES	BACTÉRIOLOGIE
TF2-80						
Mai	X		X	X	X	
Juillet	X				X	
Août	X		X	X	X	X
Septembre	X				X	
Octobre	X				X	
TF2-81						
Avril	X	X	X	X	X	
Juillet	X	X		X	X	X
Octobre	X			X	X	
TF2-82						
Février	X			X	X	
Mai	X	X		X	X	
Août	X	X		X	X	
Octobre	X		X	X	X	
TF2-83						
Février	X			X	X	

TABLEAU 3

MODES DE PRÉSERVATION ET D'ENTREPOSAGE DES ÉCHANTILLONS D'EAU

PARAMÈTRES	PRÉSERVATIFS CHIMIQUES OU PHYSIQUES	TEMPS MAXIMAL* D'ENTREPOSAGE
pH	4°C	24 heures
conductivité	4°C	24 heures
alcalinité totale	4°C	24 heures
dureté totale	4°C	24 heures
couleur apparente	4°C	24 heures
rés. total non filtré**	4°C	7 jours
rés. total fixe non filtré	4°C	7 jours
turbidité	4°C	7 jours
coliformes totaux	$Na_2S_2O_3$ 10% + 4°C	30 heures
coliformes fécaux	$Na_2S_2O_3$ 10% + 4°C	30 heures
streptocoques fécaux	$Na_2S_2O_3$ 10% + 4°C	30 heures
carbone total org.	H_2SO_4 conc 2 ml/l + 4°C	48 heures
phosphore total	H_2SO_4 30% 10 ml/l + 4°C	7 jours
phosphore total inorg.	H_2SO_4 30% 10 ml/l + 4°C	7 jours
azote total (TKN)	H_2SO_4 conc 2 ml/l + 4°C	3 mois
azote dissous (NO_2-NO_3)	4°C	24 heures
azote ammoniacal	H_2SO_4 conc 2 ml/l + 4°C	24 heures
sodium dissous	4°C	7 jours
calcium dissous	4°C	7 jours
magnésium dissous	4°C	7 jours
potassium dissous	4°C	7 jours
sulfate dissous	4°C	7 jours
chlorure dissous	4°C	7 jours
aluminium total	HNO_3 conc, 2ml/l + 4°C	6 mois
cadmium total	HNO_3 conc, 2ml/l + 4°C	6 mois
cuivre total	HNO_3 conc, 2ml/l + 4°C	6 mois
fer total	HNO_3 conc, 2ml/l + 4°C	6 mois
manganèse total	HNO_3 conc, 2ml/l + 4°C	6 mois
mercure total	H_2SO_4 conc, 10 ml/l + $K_2Cr_2O_7$ 5% 10 ml/l + 4°C	1 mois
nickel total	HNO_3 conc, 2ml/l + 4°C	6 mois
plomb total	HNO_3 conc, 2ml/l + 4°C	6 mois
zinc total	HNO_3 conc, 2ml/l + 4°C	6 mois

* tel qu'observé dans le laboratoire analytique et pas toujours selon les délais prescrit dans Environnement Canada (1981).

** non-filtré signifie: ce qui n'était pas filtrable.

TABLEAU 4

COMPOSANTES DE L'ENVIRONNEMENT ANALYSÉES AUX STATIONS DU RÉSEAU DE LA QUALITÉ DE L'EAU DES RIVIÈRES TRANFRONTALIÈRES: BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE SAINT-JEAN (TF2)

STATIONS	QUALITÉ DE L'EAU	BENTHOS	POISSONS
Riv. St-Jean (9317)	X	X	
Riv. St-Jean (9316)	X	X	
Riv. St-Jean (9315)	X	X	X
Riv. St-Jean (9314)	X		X
Riv Daaquam (9313)	X	X	X
Décharge L. Frontière (9312)	X	X	X
Grande Rivière Noire (9311)	X	X	X
Riv. des Gagnon (9310)	X	X	
Riv. St-Roch (9309)	X	X	X
Riv. St-François (9321)	X		
Riv. St-François (9306)	X	X	
Riv. St-François (9319)	X		
Riv. St-François (9320)	X		
Riv. St-François (9305)	X	X	X
Riv. St-François (9318)	X		
Riv. St-François (9304)	X		X

Le benthos a été prélevé au moyen d'un échantillonneur Surber de 0,3 m^2 sur les fonds rocheux dans les rapides. La méthode d'échantillonnage a été modifiée pour les stations 9305b et 9309; il s'agissait alors de soulever le substrat, composé en majorité de graviers et de blocs, et de récupérer les organismes en aval au moyen d'un filet à maille fine ("Kick method"). En général, l'échantillonnage se faisait en trois prélèvements, puis les trois échantillons étaient combinés en un seul. Les échantillons ont été analysés à contrat, et l'identification s'est limitée au genre, à l'exception de certains groupes comme les chironomidés identifiés seulement à la famille. Les spécimens ont été conservés dans l'alcool 70% avec 1% de glycérine. Une collection de référence a été établie avec fiches d'identification.

La seine de rivage a été choisie pour l'échantillonnage des ménés. En général, les ménés sont les poissons les plus faciles à pêcher, et on les rencontre même dans les plus petits cours d'eau. Cette méthodologie est suffisante pour détecter la présence ou l'absence de certaines substances toxiques.

Dans certains cas, les poissons ont été séparés par espèce et par taille. En général, toutes les prises d'une même station ont été combinées pour former un à trois échantillons. Les échantillons ont été congelés au laboratoire de la Direction de la qualité des eaux après homogénéisation (pouvant y comprendre plusieurs dizaines de petits poissons entiers). On a dosé les teneurs en lipides, les métaux à l'état de trace, les biphényles polychlorés et les pesticides organochlorés selon des méthodes conformes de la Direction de la qualité des eaux (Environnement Canada, 1981).

Il est bien entendu que la méthode d'échantillonnage utilisée pour le benthos et l'utilisation de ménés d'âges et d'espèces différents peuvent amener un biais dans les résultats; on tiendra compte de ce facteur dans l'interprétation aux chapitres 4 et 5.

3.0 DESCRIPTION PHYSIQUE DES STATIONS ET RÉSULTATS ANALYTIQUES DE LA QUALITÉ DE L'EAU

L'eau est une ressource essentielle au développement économique et social d'une région. Cependant, bien que très abondante sous nos latitudes, cette ressource est facilement altérable selon les usages (agricoles, industriels et domestiques) qu'on en fait. Pour cette raison, des objectifs et des normes de qualité de l'eau ont été établis pour conserver cette ressource. Parmi les "principes directeurs" pour les eaux destinées aux principaux usages, nous retiendrons ceux se rapportant à l'utilisation domestique et à la protection de la vie aquatique. Notons que les objectifs établis pour la consommation domestique des eaux sont très sévères, ce qui explique que plusieurs paramètres n'y seront pas conformes. Comme ces derniers critères s'appliquent aux activités récréatives, particulièrement pour les substances qui ne sont pas cancérigènes, il ne faudrait pas être obligé de respecter pour l'eau de baignade les critères sévères imposés pour l'eau potable. Nous résumons, au tableau 5, ces principes directeurs tirés de McNeely et al. (1980), du Sous-Comité International de la qualité de l'eau de la rivière Saint-Jean (1980) et de Gouin et Malo (1977).

Les paramètres physiques tels l'alcalinité, la couleur vraie et la turbidité ont été traités de façon superficielle par le Sous-Comité International puisque les concentrations de ces paramètres ont été considérées naturelles pour la région à l'étude. De plus, ces paramètres n'ont pas de répercussion nuisible sur les baigneurs à moins qu'elles n'interfèrent considérablement avec la limpidité. Toutefois, les matières en suspension influencent les organismes aquatiques en diminuant le volume de leur habitat par envasement. Dans le bassin de la rivière Saint-Jean, les méthodes utilisées en agriculture et en exploitation forestière constituent les principales sources d'envasement (Sous-Comité International de la qualité de l'eau de la rivière Saint-Jean, 1980).

En ce qui concerne les substances nutritives, particulièrement le phosphore, elles sont essentielles à la croissance des plantes, même si en concentration excessive elles peuvent causer l'accélération de la croissance. Ainsi, il est souhaitable que les concentrations maximales du

phosphate total ne dépassent pas 0,025mg/l. Quant aux coliformes fécaux, on se base généralement sur un minimum d'au moins cinq échantillons prélevés sur une période de 30 jours; la limite pour les baigneurs ne doit pas être supérieure, en moyenne, à 200 par 100 ml et aucun échantillon ne doit contenir plus de 1 000 coliformes fécaux par 100 ml (Sous-Comité International de la qualité de l'eau de la rivière Saint-Jean, 1980). Finalement, les principes directeurs se rapportant aux métaux lourds et autres sont généralement proposés par l'EPA comme limite de toxicité aigüe pour les organismes aquatiques.

Dans ce chapitre, nous allons traiter jusqu'à 30 paramètres de la qualité de l'eau de 16 stations réparties dans le bassin versant de la rivière Saint-Jean. Nous présentons, à l'appendice 2 un texte explicatif donnant un bref aperçu de la signification des principaux paramètres analysés dans l'eau.

3.1 LE BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE SAINT-JEAN

La description physique du bassin versant et des sous-bassins est tirée de Choinière (1984), alors que celle des stations d'échantillonnage provient des données d'observations sur le terrain.

3.1.1 Le bassin

La rivière Saint-Jean prend sa source dans le petit lac Saint-Jean situé sur la frontière entre le Québec et le Maine, à la latitude du village de Saint-Zacharie situé au Québec (figure 1). Partant d'une région où le relief est accidenté ou moutonné, la rivière coule vers le nord sur ses 45 premiers kilomètres et délimite la frontière canado-américaine. La rivière pénètre ensuite la zone américaine en direction nord-est, puis délimite à nouveau la frontière à partir de la jonction avec la rivière Saint-François. La rivière poursuit son trajet sur un relief moins accidenté jusqu'à son embouchure dans la baie de Fundy.

Selon une estimation, la superficie totale du bassin versant de la rivière Saint-Jean est d'environ 55 800 km^2, répartie également dans la

TABLEAU 5

PRINCIPES DIRECTEURS POUR LES EAUX DESTINÉES AUX PRINCIPAUX USAGES

Paramètres	Utilisation: Consommation domestique objectifs		Protection de la vie aquatique		Références
Physiques					
Alcalinité	GE*	30 mg/l	G	20 mg/l	1
Conductivité		500 umhos/cm		NP	2
Couleur vraie	P	15 pt/co		NP	2
Dureté totale	P	120 mg/l		NP	1
Oxygène dissous		NP	GE	4,0 mg/l	1, 3
pH	GE	6,5 unité	GE	6,5 unité à 9,0	1, 3
Température	P	15°C		NP	1
Turbidité	P	1 utJ		NP	1
Mat. sol. en suspension	PE	500 mg/l	PE	25 mg/l	1, 3
Substances nutritives					
Azote ammoniacal	N	0,1 mg/l	N	0,02 mg/l	1, 3
Azote dissous (nitrate et et nitrite)	PE	1 ug/l	Nitrate		1
			P	1 mg/l	
			Nitrite		
			P	0,001 mg/l	
Azote total Kjeldahl		NP	N	0,1 - 0,5 mg/l	1
Carbone total organique		NP	N	1-30 mg/l	1
Phosphates totaux	P	0,1 mg/l	P	0,025 mg/l	1, 3
Phosphate total inorganique	P	0,065 mg/l		NP	1
Phosphore	PE	0,2 mg/l		NP	1
Bactéries					
Bactéries coliformes totales	ND	Nbre/dl		NP	1
Bactéries coliformes fécales	ND	Nbre/dl		NP	1
Bactéries streptocoques fécales	ND	Nbre/dl		NP	1
Métaux lourds et autres					
Cadmium (Cd)	PE	1 ug/l	PE	0,2 ug/l	1
Calcium (Ca^{2+})	P	75 mg/l		NP	1
Chlorures (Cl^-)	P	250 mg/l		NP	1
Cuivre (Cu)	P	1 mg/l	PE	5 ug/l	1, 3
Fer (Fe)	P	0,05 mg/l	PE	0,3 mg/l	1
Fluorures (F^-)	P	1 mg/l	P	0,5 mg/l	1
Magnésium (Mg^{2+})	P	50 mg/l		NP	1
Manganèse (Mn)	P	0,01 mg/l	P	0,02 mg/l	1
Mercure (Hg)	PE	0,2 ug/l	PE	0,1 ug/l	1
			PE	0,06 ug/l	3
Nickel (Ni)		NP	PE	0,025 mg/l	1
Plomb (Pb)	PE	1 ug/l	PE	0,03 mg/l	1, 3
Potassium (K^{2+})		NP	N, P	10 mg/l	1
Silice (Si)		NP	N	4 mg/l	1
Sodium (Na^+)	PE	270 mg/l		NP	1
Sulfate (SO^{2-})	P	150 mg/l		NP	1
Zinc (Zn)	P	5 mg/l	PE	0,03 mg/l	1, 3

*P - plus petite que
PE - plus petite ou égale à
G - plus grande que
GE - plus grande ou égale à
ND - non décelable
NP - non précisé
N - concentration naturelle ou souhaitable

RÉFÉRENCES:

1- Mc Neely et al., 1980

2- Gouin et Malo, 1977

3- Sous-Comité International de la qualité de l'eau de la rivière Saint-Jean, 1980.

partie canadienne et américaine. Toutefois, la superficie étudiée représente à peine 7% de ce total soit 3 885 km^2.

La population habitant la portion québécoise a été évaluée à 22 187 habitants en 1976 ce qui représente une baisse démographique de 16% par rapport à 1956. Les données concernant la population de la portion américaine ne sont pas disponibles mais aucun centre urbain d'importance n'est situé à l'intérieur du bassin.

Avec une population à caractère rural, l'économie de la région est axée sur l'exploitation des ressources de base; le secteur primaire représentant, en 1971, 22,4% des emplois pour une moyenne québécoise de 6,2%. L'industrie manufacturière est peu diversifiée puisque 85% (1 565 employés) de la main-d'oeuvre travaille dans le secteur forestier (coupe, sciage et rabotage). Les autres secteurs industriels sont: la transformation des métaux, le textile, le meuble, le matériel de transport et l'alimentation.

Les activités agricoles occupent le second rang dans l'utilisation des sols, malgré une baisse des terres en culture. La production laitière et l'élevage des bestiaux prédominent. Les potentiels touristiques et récréatifs sont élevés pour le secteur concerné.

3.1.2 Sommaire des résultats

Mentionnons, tout d'abord, que les systèmes lacustres (lacs Frontière, de l'Est, Pohénégamook, Beau) seront traités dans un autre rapport (Germain et al., 1984; manuscrit en préparation). Dans les tableaux présentant les résultats (tableaux 6 à 9), cinq paramètres ont été exclus puisque dans la majorité des cas les appareils analytiques n'en ont pas détecté dans l'eau. Ces paramètres sont: les cyanures, les phénols, le cadmium, le plomb, l'arsenic et le sélénium.

Dans ce bassin versant principalement boisé et peu influencé par les activités humaines, on pourrait s'attendre à ce que les concentrations des paramètres tendent vers les valeurs naturelles. Les résultats démontrent cette tendance. Toutefois, certains facteurs du milieu et des activités

humaines, quoique minimes, contribuent à la dégradation de la qualité de l'eau.

Sur un total de 30 paramètres analysés, on dénote que 10 paramètres présentent des valeurs non conformes aux "principes directeurs" se rapportant aux objectifs pour la consommation domestique et aux critères pour la protection de la vie aquatique. Ces paramètres sont: l'alcalinité, la couleur, la turbidité, le phosphore total, les coliformes (totaux, fécaux et streptocoques fécaux), les métaux (aluminium, manganèse, fer).

Les échantillons présentent dans la plupart des cas une alcalinité inférieure au principe directeur de 30 mg/l. Les faibles concentrations de l'alcalinité traduisent ainsi le faible pouvoir tampon de la région étudiée, la géologie des bassins étudiés étant caractérisée par la présence de schiste argileux et de grès. La couleur de l'eau est relativement élevée et dépasse dans tous les cas le principe directeur fixé à 15 unités Pt-Co. Les eaux sont fortement colorées dans les sous-bassins de la Grande Rivière Noire (9311), la rivière des Gagnons (9310) et la rivière St-Roch (9309).

La turbidité est aussi élevée, les valeurs médianes sont toujours supérieures à l'objectif de 1 UTJ pour la consommation domestique. Le maximum admissible de 5 UTJ est parfois atteint ou dépassé dans les sous-bassins de la rivière des Gagnon et de la rivière St-Roch. Les matières solides en suspension (résidus non filtrables) suivent cette tendance.

Les substances nutritives (phosphore total, azote Kjeldahl, carbone organique total) présentent ordinairement des valeurs comparables aux concentrations naturelles quoique parfois des valeurs maximales les dépassent. La concentration de 0,025 mg/l de phosphore total suggérée pour la protection de la vie aquatique est quelquefois dépassée; en fait, on a observé des algues filamenteuses à certaines de ces stations.

Des analyses bactériologiques ont été effectuées pour obtenir un indice de la contamination des rivières. Par ailleurs, dans le sous-bassin de la rivière Saint-François l'échantillonnage a été réalisé d'une façon plus

systématique dans une étude antérieure (Sloterdijk, 1981). Les résultats d'analyse des stations d'échantillonnage de la rivière Saint-François indiquent que les eaux sont très contaminées par les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux. Le déversement d'égouts domestiques est principalement responsable de cette contamination. Par conséquent, la consommation domestique de l'eau sans traitement et les activités récréatives avec un contact de l'eau sont compromises. Dans les autres sous-bassins étudiés, les analyses ont permis de détecter les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux. Les données ne permettent pas de se prononcer avec certitude sur l'état de la contamination mais confirment l'enrichissement des eaux par les activités humaines et incitent à la prudence quant aux principaux usages de l'eau.

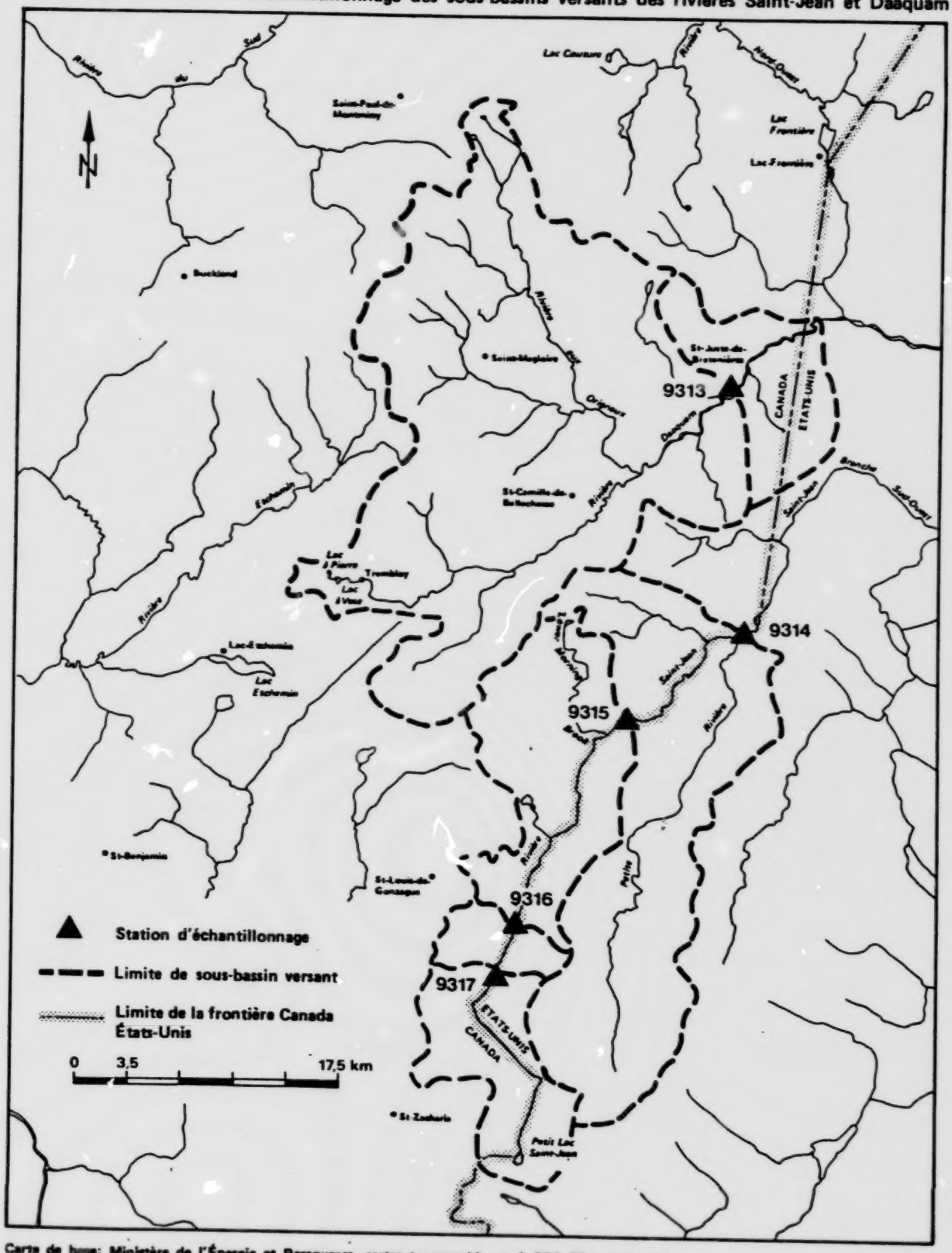
En ce qui concerne les concentrations des métaux (aluminium, manganèse, fer) dans l'eau, on note que les valeurs sont comparables à celles des eaux naturelles. Les concentrations de mercure dans l'eau sont faibles et comparables aux eaux douces non contaminées où les concentrations typiques de mercure sont de 50 ng/l. Soulignons que les concentrations de mercure dans la chair des ménés étaient par contre très élevées.

3.2 LE SOUS-BASSIN DE LA RIVIÈRE SAINT-JEAN, BRANCHE SUD-OUEST

Cette partie du bassin versant de la rivière Saint-Jean représente le cours supérieur de la rivière soit les quarante-cinq premiers kilomètres. Ce tronçon de la rivière, délimitant la frontière canado-américaine, est situé dans une région essentiellement forestière; l'agriculture y est presque inexistante. Le relief de la région est relativement accidenté quoique la rivière coule sur le replat d'une vallée et présente un tracé parfois sinueux.

Il existe quatre stations d'échantillonnage de la qualité de l'eau sur la rivière soit les stations 9317, 9316, 9315 et 9314 (figure 2).

Figure 2
Localisation des stations d'échantillonnage des sous-bassins versants des rivières Saint-Jean et Daaquam



Carte de base: Ministère de l'Énergie et Ressources, cartes topographiques, 1: 250 000, 21K, 21L

3.2.1 Sommaire des résultats

Les résultats d'analyse de la qualité de l'eau aux stations d'échantillonnage du cours supérieur de la rivière Saint-Jean indiquent que l'état de l'eau est relativement bon. Les valeurs médianes de l'ensemble des paramètres sont semblables aux concentrations observées dans les eaux naturelles.

Les faibles valeurs de l'alcalinité et de la dureté de l'eau confèrent un faible pouvoir tampon aux eaux de surface et reflètent la géologie de la roche mère (Choinière, 1984); par contre, le pH se maintient près des valeurs neutres. La turbidité et la couleur de l'eau sont relativement élevées dans la rivière Saint-Jean. Les valeurs de ces deux paramètres semblent normales pour la région étudiée (tableau 6).

On observe de légères variations, d'une station à l'autre, dans les paramètres physico-chimiques (conductivité, turbidité, couleur) et les résultats des substances nutritives (phosphore total, azote Kjeldahl et carbone organique total). Il y a un enrichissement progressif des eaux de la station 9317 à 9315, puis, une diminution à la station 9314. Il est difficile d'imputer ces changements à l'activité humaine (égouts domestiques, agriculture) puisque le sous-bassin est essentiellement boisé et peu habité; un enrichissement naturel provoqué par les eaux de ruissellement est donc la cause la plus plausible. Toutefois, la présence (en faible quantité) de coliformes fécaux et de streptocoques fécaux indique que des activités humaines contribuent à la dégradation des eaux de la rivière.

TABLEAU 6: RÉSULTATS ANALYTIQUES DU SOUS-BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE SAINT-JEAN

PARAMÈTRES:	STATION 9317				STATION 9316			
	minimum	médiane	moyenne	maximum	minimum	médiane	moyenne	maximum
Température (°C)	0,0	6,0	8,8	26,0	-	-	-	-
pH (unité)	6,40	7,00	7,00	8,10	6,60	5,80	6,82	7,20
Conductivité (umhos/cm)	43,0	57,5	68,5	146,0	48,0	61,0	64,0	95,0
Alcalinité totale (mg/l - $CaCO_3$)	7,6	16,5	21,2	58,3	8,8	18,7	19,4	28,8
Dureté totale (mg/l - $CaCO_3$)	19,0	26,6	32,5	66,9	22,4	27,4	28,5	36,7
Turbidité (UTJ)	0,70	1,45	1,88	4,00	0,90	1,60	1,50	1,80
Couleur vraie (unité)	12,0	50,0	54,1	80,0	40,0	75,0	65,0	80,0
Résidu fixé non filtré (mg/l)	< 1,0	1,0	-	5,0	< 1,0	1,0	-	1,0
Résidu non filtré (mg/l)	1,0	2,5	3,0	6,0	1,0	2,0	2,0	3,0
Azote dissous (NO_3-NO_2)(mg/l)	0,02	0,07	0,14	0,40	0,02	0,05	0,10	0,28
Phosphore total (mg/l)	0,018	0,030	0,035	0,106	0,016	0,033	0,032	0,053
Azote total Kjeldahl (mg/l)	0,16	0,33	0,36	0,60	0,29	0,39	0,43	0,73
Carbone organique total (mg/l)	11,5	14,0	13,2	14,0	-	15,0	-	-
Ammoniac dissous (mg/l)	< 0,10	0,03	-	0,10	-	-	-	-
Coliformes totaux (nbre/dl)	-	390	-	-	-	1 900	-	-
Coliformes fécaux (nbre/dl)	-	50	-	-	-	25	-	-
Streptocoques fécaux (nbre/dl)	-	20	-	-	-	45	-	-
Calcium dissous (mg/l)	5,20	10,83	11,47	21,30	5,50	8,65	8,65	11,80
Magnésium dissous (mg/l)	0,50	1,00	1,10	1,80	1,01	1,21	1,21	1,41
Sodium dissous (mg/l)	0,80	1,50	1,73	3,70	1,21	1,21	1,21	1,22
Potassium dissous (mg/l)	0,25	0,42	0,51	1,10	0,22	0,31	0,31	0,40
Chlorures dissous (mg/l)	1,90	2,40	2,66	4,50	1,60	1,65	1,65	1,70
Sulfates dissous (mg/l)	4,70	5,50	6,22	8,10	5,30	6,50	6,50	7,70
Aluminium total (mg/l)	0,09	0,19	0,18	0,26	-	-	-	-
Manganèse total (mg/l)	0,029	0,046	0,111	0,260	-	-	-	-
Cuivre total (ug/l)	< 1	< 1	-	< 1	-	-	-	-
Fer total (mg/l)	0,139	0,253	0,277	0,438	-	-	-	-
Nickel total (ug/l)	< 1	< 1	-	< 1	-	-	-	-
Zinc total (ug/l)	-	2	-	-	-	-	-	-
Mercure total (ug/l)	< 0,010	0,008	-	0,015	< 0,005	0,004	-	0,005

PARAMÈTRES:	STATION 9315				STATION 9314			
	minimum	médiane	moyenne	maximum	minimum	médiane	moyenne	maximum
Température (°C)	-	-	-	-	3,0	5,7	9,7	20,5
pH (unité)	6,60	6,70	6,74	7,00	6,30	6,60	6,68	7,60
Conductivité (umhos/cm)	49,0	52,0	56,4	77,0	23,0	47,0	47,0	84,0
Alcalinité totale (mg/l - $CaCO_3$)	6,7	15,5	15,1	19,8	4,6	11,3	14,6	34,3
Dureté totale (mg/l - $CaCO_3$)	20,4	25,4	25,0	27,5	14,8	22,4	24,6	38,7
Turbidité (UTJ)	1,40	1,80	1,90	2,80	1,00	2,00	2,00	3,10
Couleur vraie (unité)	60,0	100,0	88,0	100,0	69,0	85,0	87,1	123,0
Résidu fixé non filtré (mg/l)	< 1,0	< 1,0	-	0,6	< 1,0	1,0	-	3,0
Résidu non filtré (mg/l)	1,0	2,0	1,8	2,0	1,0	2,0	2,3	4,0
Azote dissous (NO_3-NO_2)(mg/l)	< 0,01	0,04	-	0,16	< 0,01	0,05	-	0,20
Phosphore total (mg/l)	0,018	0,035	0,043	0,096	0,015	0,025	0,039	0,087
Azote total Kjeldahl (mg/l)	0,32	0,48	0,44	0,50	0,20	0,39	0,45	0,92
Carbone organique total (mg/l)	-	20,0	-	-	14,0	16,0	17,3	22,0
Ammoniac dissous (mg/l)	-	-	-	-	< 0,10	0,03	-	-
Coliformes totaux (nbre/dl)	-	170	-	-	-	140	-	-
Coliformes fécaux (nbre/dl)	-	10	-	-	-	20	-	-
Streptocoques fécaux (nbre/dl)	-	40	-	-	-	50	-	-
Calcium dissous (mg/l)	4,70	6,85	6,85	9,00	3,80	7,35	7,63	12,50
Magnésium dissous (mg/l)	1,02	1,14	1,14	1,26	0,50	0,95	0,98	1,50
Sodium dissous (mg/l)	1,21	1,23	1,23	1,26	0,30	0,89	0,94	1,60
Potassium dissous (mg/l)	0,17	0,28	0,28	0,40	0,18	0,30	0,32	0,60
Chlorures dissous (mg/l)	1,50	1,60	1,60	1,70	0,80	1,15	1,16	1,60
Sulfates dissous (mg/l)	4,90	6,00	6,00	7,10	3,80	5,50	5,87	7,80
Aluminium total (mg/l)	-	-	-	-	0,12	0,13	0,14	0,17
Manganèse total (mg/l)	-	-	-	-	0,004	0,015	0,032	0,078
Cuivre total (ug/l)	-	-	-	-	< 1	< 1	-	< 1
Fer total (mg/l)	-	-	-	-	0,112	0,114	0,208	0,399
Nickel total (ug/l)	-	-	-	-	< 1	< 1	-	1
Zinc total (ug/l)	-	-	-	-	-	< 1	-	-
Mercure total (ug/l)	< 0,005	0,005	-	0,007	< 0,010	0,007	-	0,005

3.2.2 La station 9317

La station 9317 est située au tout début du parcours de la rivière Saint-Jean (branche sud-ouest), à environ 10 kilomètres en aval de son lac de tête, le petit lac Saint-Jean. La station draine un territoire de 89 km^2 réparti également des deux côtés de la frontière.

3.2.2.1 Le milieu physique

A la station, la rivière est caractérisée par une largeur d'environ 8 mètres et une profondeur atteignant un mètre. On dénote quelques fosses plus profondes mais généralement les seuils sont plus fréquents; ceux-ci sont influencés par une vitesse du courant relativement élevée qui empêche la sédimentation des particules et le développement des macrophytes. Le substrat est composé de blocs, de graviers et de sable dans les interstices.

La rivière, qui est très encaissée, présente des berges abruptes; ces berges sont colonisées par une végétation arbustive et herbacée. Le milieu environnant est dominé par la forêt. A quelques mètres de la station, on retrouve un poste de la douane adjacent à un pont qui relie les deux rives de la frontière. Un petit hôtel et quelques maisons, longeant les rives de la rivière, présentent une source d'enrichissement potentielle des matières organiques et nutritives dans la rivière. Toutefois, la qualité esthétique de l'eau est excellente et l'on y observe aucun dépôt organique sur les roches; la faune benthique est relativement riche et diversifiée (voir section 4.0).

3.2.2.2 Résultats et discussion

A l'analyse du tableau 6, on note que les valeurs médianes de 10 paramètres sur 30 ne sont pas conformes aux "principes directeurs" relativement aux objectifs pour la consommation domestique et à la protection de la vie aquatique (tableau 5). Ces paramètres sont: l'alcalinité, la turbidité, la couleur, le phosphore total, les coliformes et les métaux lourds (aluminium, manganèse, fer). Toutefois, la qualité générale de l'eau est relati-

vement bonne puisque les valeurs médianes de l'ensemble des paramètres correspondent tout de même aux concentrations observées dans les eaux naturelles et aucune valeur extrême n'a été notée.

La valeur médiane de l'alcalinité avec 16,5 mg/l est inférieure au principe directeur de 30 mg/l. La turbidité, dont la valeur médiane est légèrement plus élevée que l'objectif pour la consommation domestique, est normale pour les milieux d'érosion et est associée au transport des particules dans l'eau et au ruissellement des eaux de surface. Les solides en suspension (résidus) sont également élevés. La couleur de l'eau est relativement élevée avec une valeur médiane de 50 unités Pt-Co, dépassant l'objectif de 15 unités Pt-Co. Toutefois, dans la région étudiée, les eaux présentent souvent cette caractéristique.

Les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux ne sont pas abondants mais ils ont été détectés, ce qui implique une contribution humaine ou animale. La valeur médiane du phosphore total de 0,03 mg/l et la valeur maximale de 0,106 mg/l dépassent celle de 0,025 mg/l suggérée pour la protection de la vie aquatique pour éviter la surabondance d'algues. On peut présumer un apport potentiel du phosphore provenant des activités humaines. Il serait souhaitable que les valeurs de phosphore n'augmentent pas au cours des années pour ralentir l'enrichissement du cours d'eau.

En ce qui concerne les métaux lourds, on note que les valeurs médianes de l'aluminium (0,19 mg/l), du manganèse (0,046 mg/l) et du fer (0,253 mg/l) dépassent les principes directeurs. Toutefois, ces concentrations ne présentent pas de danger notable pour les biocénoses; les eaux naturelles contiennent souvent des concentrations plus élevées. Dans la région étudiée, ces valeurs semblent tout à fait normales et reflètent la composition géologique de la roche mère et des sols (Choinière, 1984).

3.2.3 La station 9316

Cette station est située à environ 6 kilomètres en aval de la station 9317. La superficie drainée est de 137 km^2 dont 100 km^2 se trouvent sur le territoire québécois.

3.2.3.1 Le milieu physique

La station présente des caractéristiques très similaires à la station précédente. Par contre, l'addition de nouveaux tributaires, au tronçon de la rivière Saint-Jean, contribue à augmenter le débit. La rivière, présentant des berges moins abruptes, mesure 10 mètres de largeur alors que la profondeur de l'eau atteint 2 mètres. La vitesse du courant est relativement élevée ce qui limite la sédimentation et le développement des macrophytes.

Les habitats bordant la rivière sont principalement caractérisés par la forêt mixte et l'on n'y retrouve aucune habitation, bien que des activités agricoles soient pratiquées dans la région.

L'eau est relativement propre, du point de vue esthétique, quoique la présence d'algues, sur certaines roches, semble indiquer un enrichissement des eaux dont une origine anthropogénique est peut-être la cause.

3.2.3.2 Résultats et discussion

Il y a peu de changements importants se rapportant aux résultats d'analyse par rapport à la station 9317, située en amont (tableau 6). Toutefois, on note une légère augmentation de la concentration des paramètres physico-chimiques (conductivité, turbidité, couleur) et des substances nutritives (phosphore total, azote Kjeldahl).

Cet enrichissement des eaux, quoique minime, peut être causé par les eaux de ruissellement. Par contre, la détection de streptocoques fécaux (45/dl) indique une faible contamination des eaux d'origine agricole provenant de la partie amont de la station (Geldreich, 1976).

3.2.4 La station 9315

La station 9315 est située un peu en aval de la confluence du ruisseau "Lower Morning"; le territoire drainé par la station est de 262 km^2 dont 171 km^2 au Québec.

3.2.4.1 Le milieu physique

Par rapport à la station 9316, la largeur de la rivière a doublé, passant de 10 à 20 mètres. La profondeur de l'eau a également augmenté contribuant ainsi à la diminution de la vitesse du courant. Toutefois, un peu en aval de la station, la présence d'un seuil crée une zone de rapides où il a été possible de prélever des échantillons de benthos représentatifs des milieux d'érosion.

Les pentes de la rive et de la berge sont relativement douces favorisant le développement des écotones riverains. Le fond de la rivière est composé de blocs et de graviers; les macrophytes y sont pratiquement absents sauf dans une petite baie de la rivière où l'on retrouve des Sagittaires et des Potamots.

Dans un territoire relativement peu développé et surtout boisé, l'état de l'eau semble se détériorer un peu par rapport aux stations localisées en amont. La présence d'algues et de dépôts organiques sur les roches indique un enrichissement des eaux. Soulignons la contribution des égouts domestiques provenant d'une résidence située à la bordure immédiate de la rivière.

3.2.4.2 Résultats et discussion

Parmi l'ensemble des paramètres, on remarque qu'un seul paramètre a augmenté de façon marquée, il s'agit de la couleur de l'eau dont la valeur médiane atteint 100 unités Pt-Co (tableau 6). Cette valeur dépasse de beaucoup la limite maximale admissible pour les eaux d'alimentation de 15 unités Pt-Co et atteint la limite maximale admissible pour les eaux de baignade de 100 unités Pt-Co.

Les valeurs médianes du phosphore total et de l'azote Kjeldahl ont augmenté légèrement avec des valeurs respectives de 0,035 mg/l et 0,48 mg/l. Ces valeurs correspondent, tout de même, à celles observées dans les eaux naturelles et ne devraient pas affecter sérieusement les biocénoses de la rivière. Toutefois, soulignons que la présence d'algues

sur les roches témoigne d'un niveau d'enrichissement significatif qui risque à long terme de perturber le milieu aquatique.

La détection de streptocoques fécaux indique, encore une fois, que les eaux présentent des risques pour la consommation et la pratique des activités nautiques.

3.2.5 La station 9314

La station 9314 est située en aval sur l'axe de la frontière où la rivière quitte le Québec pour pénétrer dans l'état du Maine. La petite rivière Saint-Jean se joint au tronçon principal à environ un kilomètre en amont de la station. Le territoire drainé par la station est de 614 km^2 dont 271 km^2 au Québec.

3.2.5.1 Le milieu physique

Le débit de la rivière a augmenté considérablement ainsi que la vitesse du courant. La rivière, mesurant environ 20 mètres de largeur, est profonde mais peu encaissée. Le substrat est composé de matériaux de grosseur variable (sable, gravier, bloc); une fine couche de limon, qui semble provenir des zones humides drainées par la rivière, favorise l'implantation des macrophytes (Potamots, Sagittaires, Equisetum, Callitriches).

L'état général de l'eau semble meilleur qu'à la station 9315. Visuellement l'eau semble être peu polluée, limpide bien que colorée. L'absence d'activité humaine importante sur le tronçon amont de la rivière pourrait contribuer à l'amélioration de la qualité de l'eau.

3.2.5.2 Résultats et discussion

Si l'on fait exception des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux dont le nombre est relativement semblable aux autres stations, on note une légère amélioration de la qualité de l'eau particulièrement une baisse des substances nutritives (phosphore et azote Kjeldahl) (tableau 6). L'addition de nouveaux tributaires dans la rivière a probablement contribué

à la dilution de ces substances, d'autant plus que les activités humaines sont très négligeables à l'amont de la station.

Les diminutions du pH, de l'alcalinité et de la dureté de l'eau sont probablement associées, en partie, à la présence de marécages et de zones tourbeuses drainés par la rivière Saint-Jean dans les derniers kilomètres.

3.3 LE SOUS-BASSIN DE LA RIVIÈRE DAAQUAM

La rivière Daaquam prend sa source dans les lacs à Pierre et à Vase près du village de Tremblay dans le comté de Dorchester au Québec. Elle coule en direction nord-est sur près de 85 kilomètres puis rejoint la rivière Saint-Jean aux États-Unis à 15 kilomètres de la frontière. Le relief est relativement ondulé et parfois accidenté, principalement dans la région drainée par la rivière aux Orignaux qui est un tributaire important de la rivière Daaquam.

La station 9313 de la qualité de l'eau est située sur la rivière Daaquam à environ deux kilomètres au sud-est du village de Saint-Juste-de-Bretenières dans le comté de Montmagny (figure 2). La superficie étudiée, située exclusivement au Québec, est de 588 km^2.

A caractère rural, la région est composée d'une population de 4 686 personnes, répartie dans six petits villages. L'industrie du bois utilise 94% (386 employés) de la main-d'oeuvre. L'industrie métallurgique primaire et l'industrie alimentaire constituent les autres activités industrielles de la région.

3.3.1 Le milieu physique

La station 9313 est située à environ 7 kilomètres de la frontière sous un pont reliant les rives de la rivière Daaquam. La rivière mesure 50 mètres de large et présente un lit peu profond constitué principalement de matériaux grossiers et parfois de sédiments fins dans les zones où la vitesse du courant est moins élevée. Le débit annuel moyen est estimé à 11,5

mètres cubes par seconde. Les rives sont abruptes et colonisées par des arbustes et des herbacées.

Lors de la reconnaissance sur le terrain, la qualité esthétique de l'eau de la rivière était mauvaise; l'eau était turbide et colorée, une mince nappe d'huile flottait à la surface et des dépôts organiques adhéraient sur le substrat du lit de la rivière. Cette dégradation de l'eau semble reliée aux activités humaines. Le territoire est relativement développé; quelques villages et industries du bois sont localisés en bordure de la rivière dont une scierie près de la station. Des talus de sciure de bois longent la rive gauche de la rivière Daaquam.

3.3.2 Résultats et discussion

Les résultats de la qualité de l'eau du sous-bassin de la rivière Daaquam indiquent que les valeurs médianes de 10 paramètres sur 30 ne sont pas conformes aux principes directeurs (tableau 7). Ces paramètres sont les mêmes que ceux de la rivière Saint-Jean soit: l'alcalinité, la turbidité, la couleur, le phosphore total, les bactéries et les métaux lourds (fer, manganèse, aluminium).

La valeur médiane de l'alcalinité avec 13,3 mg/l est inférieure au principe directeur de 30 mg/l. La couleur et la turbidité sont relativement élevées. La valeur médiane du phosphore total avec 0,033 mg/l dépasse le critère établi pour la protection de la vie aquatique soit la valeur de 0,025 mg/l.

Les analyses bactériologiques, bien que basées sur un seul relevé, indiquent que les eaux sont contaminées par les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux. Les valeurs dépassent les objectifs et les maximum acceptables pour la consommation domestique.

Les valeurs des métaux lourds dont le fer (0,215 mg/l), le manganèse (0,040 mg/l) et l'aluminium (0,19 mg/l) dépassent légèrement les objectifs établis pour la consommation domestique. Par contre, les eaux naturelles contiennent souvent des concentrations similaires et parfois supérieures.

TABLEAU 7: RÉSULTATS ANALYTIQUES DES SOUS-BASSINS VERSANTS DE LA RIVIÈRE DAAQUAM, LAC FRONTIÈRE, GRANDE RIVIÈRE NOIRE, RIVIÈRE DES GAGNON

PARAMÈTRES:	RIVIÈRE DAAQUAM: STATION 9313				LAC FRONTIÈRE: STATION 9312			
	minimum	médiane	moyenne	maximum	minimum	médiane	moyenne	maximum
Température (°C)	4,0	5,0	8,7	20,5	0,0	6,0	6,7	17,5
pH (unité)	6,30	6,80	6,83	7,90	6,30	6,80	6,79	7,20
Conductivité (umhos/cm)	24,0	44,0	48,4	72,0	38,0	51,5	53,1	69,0
Alcalinité totale (mg/l - $CaCO_3$)	4,2	13,3	13,1	26,5	5,0	16,0	16,3	21,7
Dureté totale (mg/l - $CaCO_3$)	12,4	24,1	24,3	39,7	15,5	29,4	27,2	40,8
Turbidité (UTJ)	1,40	1,70	1,81	2,40	1,40	1,90	1,91	2,50
Couleur vraie (unité)	16,0	80,0	77,9	125,0	50,0	80,0	86,1	100,0
Résidu fixé non filtré (mg/l)	< 1,0	2,0	-	4,0	< 1,0	< 1,0	-	2,0
Résidu non filtré (mg/l)	1,0	3,5	4,1	10,0	1,0	2,0	2,1	3,0
Azote dissous (NO_3-NO_2)(mg/l)	< 0,01	0,07	-	0,40	< 0,01	0,07	-	0,30
Phosphore total (mg/l)	0,019	0,033	0,035	0,071	0,027	0,037	0,042	0,073
Azote total Kjeldahl (mg/l)	0,14	0,28	0,37	0,92	0,23	0,41	0,43	0,66
Carbone organique total (mg/l)	10,0	16,5	14,8	18,0	19,0	21,5	21,5	24,0
Ammoniac dissous (mg/l)	< 0,10	0,04	-	-	< 0,10	< 0,10	-	< 0,10
Coliformes totaux (nbre/dl)	-	6 750	-	-	-	27	-	-
Coliformes fécaux (nbre/dl)	-	905	-	-	-	13	-	-
Streptocoques fécaux (nbre/dl)	-	95	-	-	-	27	-	-
Calcium dissous (mg/l)	3,00	6,50	6,31	10,00	3,70	6,60	6,49	8,93
Magnésium dissous (mg/l)	0,50	1,10	1,09	1,50	0,90	1,05	1,07	1,40
Sodium dissous (mg/l)	0,80	1,50	1,49	1,90	1,20	1,50	1,53	1,80
Potassium dissous (mg/l)	0,20	0,36	0,36	0,60	0,20	0,30	0,30	0,50
Chlorures dissous (mg/l)	1,30	2,00	1,91	2,60	2,20	2,65	3,32	7,30
Sulfates dissous (mg/l)	4,00	5,80	5,41	6,40	4,00	6,00	6,00	8,00
Aluminium total (mg/l)	0,10	0,19	0,17	0,21	-	0,10	-	-
Manganèse total (mg/l)	0,030	0,040	0,040	0,050	-	0,025	-	-
Cuivre total (ug/l)	< 1	< 1	-	1	-	2	-	-
Fer total (mg/l)	0,181	0,215	0,227	0,284	-	0,131	-	-
Nickel total (ug/l)	< 1	1	-	6	-	2	-	-
Zinc total (ug/l)	-	< 1	-	-	-	11	-	-
Mercure total (ug/l)	< 0,005	< 0,007	-	< 0,010	< 0,010	< 0,010	-	0,010

PARAMÈTRES:	GRANDE RIVIÈRE NOIRE: STATION 9311				RIVIÈRE DES GAGNON: STATION 9310			
	minimum	médiane	moyenne	maximum	minimum	médiane	moyenne	maximum
Température (°C)	0,0	5,0	7,4	22,0	0,0	2,5	6,1	19,0
pH (unité)	6,20	7,10	7,04	7,80	6,30	7,20	7,17	8,00
Conductivité (umhos/cm)	31,0	48,5	58,0	99,0	44,0	84,5	109,0	200,0
Alcalinité totale (mg/l - $CaCO_3$)	5,9	14,3	17,6	38,4	14,5	30,5	37,3	76,0
Dureté totale (mg/l - $CaCO_3$)	14,8	30,5	30,7	56,5	29,0	51,6	53,9	87,8
Turbidité (UTJ)	1,00	1,60	1,73	2,50	1,90	2,50	2,78	5,00
Couleur vraie (unité)	30,0	100,0	97,4	200,0	26,0	100,0	86,7	140,0
Résidu fixé non filtré (mg/l)	< 1,0	< 1,0	-	1,0	1,0	2,1	3,1	9,0
Résidu non filtré (mg/l)	1,0	2,0	4,3	30,0	1,0	5,0	5,3	12,0
Azote dissous (NO_3-NO_2)(mg/l)	< 0,01	0,06	-	0,29	< 0,01	0,07	-	0,31
Phosphore total (mg/l)	0,012	0,032	0,031	0,050	0,030	0,073	0,128	0,383
Azote total Kjeldahl (mg/l)	0,23	0,35	0,43	0,69	0,32	0,66	0,68	1,30
Carbone organique total (mg/l)	14,0	24,0	21,7	27,0	15,0	25,5	22,5	27,0
Ammoniac dissous (mg/l)	< 0,10	0,04	-	-	< 0,10	0,04	-	-
Coliformes totaux (nbre/dl)	-	260	-	-	-	1 000	-	-
Coliformes fécuax (nbre/dl)	-	20	-	-	-	730	-	-
Streptocoques totaux (nbre/dl)	-	90	-	-	-	280	-	-
Calcium dissous (mg/l)	4,40	9,40	9,01	14,60	7,20	15,06	15,89	28,30
Magnésium dissous (mg/l)	0,50	0,90	0,98	1,50	0,60	1,50	1,75	2,90
Sodium dissous (mg/l)	0,90	1,58	1,61	2,10	1,70	3,55	4,54	9,75
Potassium dissous (mg/l)	0,10	0,40	0,38	0,60	0,50	0,60	0,76	1,28
Chlorures dissous (mg/l)	1,60	2,30	2,36	3,10	3,40	5,50	9,17	35,60
Sulfates dissous (mg/l)	6,00	7,00	7,04	9,20	6,40	11,10	10,31	15,50
Aluminium total (mg/l)	0,08	0,10	0,13	0,21	0,12	0,13	0,16	0,23
Manganèse total (mg/l)	0,011	0,014	0,014	0,017	0,040	0,042	0,042	0,044
Cuivre total (ug/l)	< 1	< 1	-	17	< 1	< 1	-	1
Fer total (mg/l)	0,107	0,174	0,157	0,190	0,154	0,201	0,194	0,228
Nickel total (ug/l)	< 1	< 1	-	2	< 1	< 1	-	< 1
Zinc total (ug/l)	-	< 1	-	-	-	< 1	-	-
Mercure total (ug/l)	< 0,010	0,008	-	0,030	< 0,010	0,008	-	0,020

Les résultats confirment que la qualité de l'eau est légèrement perturbée par les activités humaines; principalement par la quantité de coliformes fécaux qui est anormalement élevée. Toutefois, des échantillonnages bactériologiques plus poussés permettraient de mieux évaluer la contamination bactérienne et indirectement l'état d'enrichissement des eaux.

3.4 LE SOUS-BASSIN DU LAC FRONTIÈRE

Ce sous-bassin est caractérisé par les eaux limitrophes du lac Frontière et par les eaux drainées par la rivière Nord-Ouest qui est le tributaire majeur du lac (figure 3). La région couverte par le sous-bassin est majoritairement boisée et présente un relief accidenté; toutefois, on y retrouve souvent des zones marécageuses aux abords de la rivière. L'émissaire du lac Frontière (un tronçon de la rivière Saint-Jean Nord-Ouest) traverse la frontière et parcourt près de 10 km en territoire américain avant de rejoindre le cours principal de la rivière Saint-Jean.

La station 9312 de la qualité de l'eau est située sur le tronçon transfrontalier à l'émissaire du lac Frontière. La superficie du sous-bassin est de 407 km^2 dont 390 km^2 se trouvent au Québec. Cela représente 13% de la superficie totale du bassin versant de la rivière Saint-Jean dans la portion québécoise.

La population, composée de 2 585 personnes (1976), présente des activités à caractère rural et se répartie dans quatre petits villages de la région. L'industrie du bois est prédominante avec 62 employés à son actif, suivie de l'industrie alimentaire avec 4 employés.

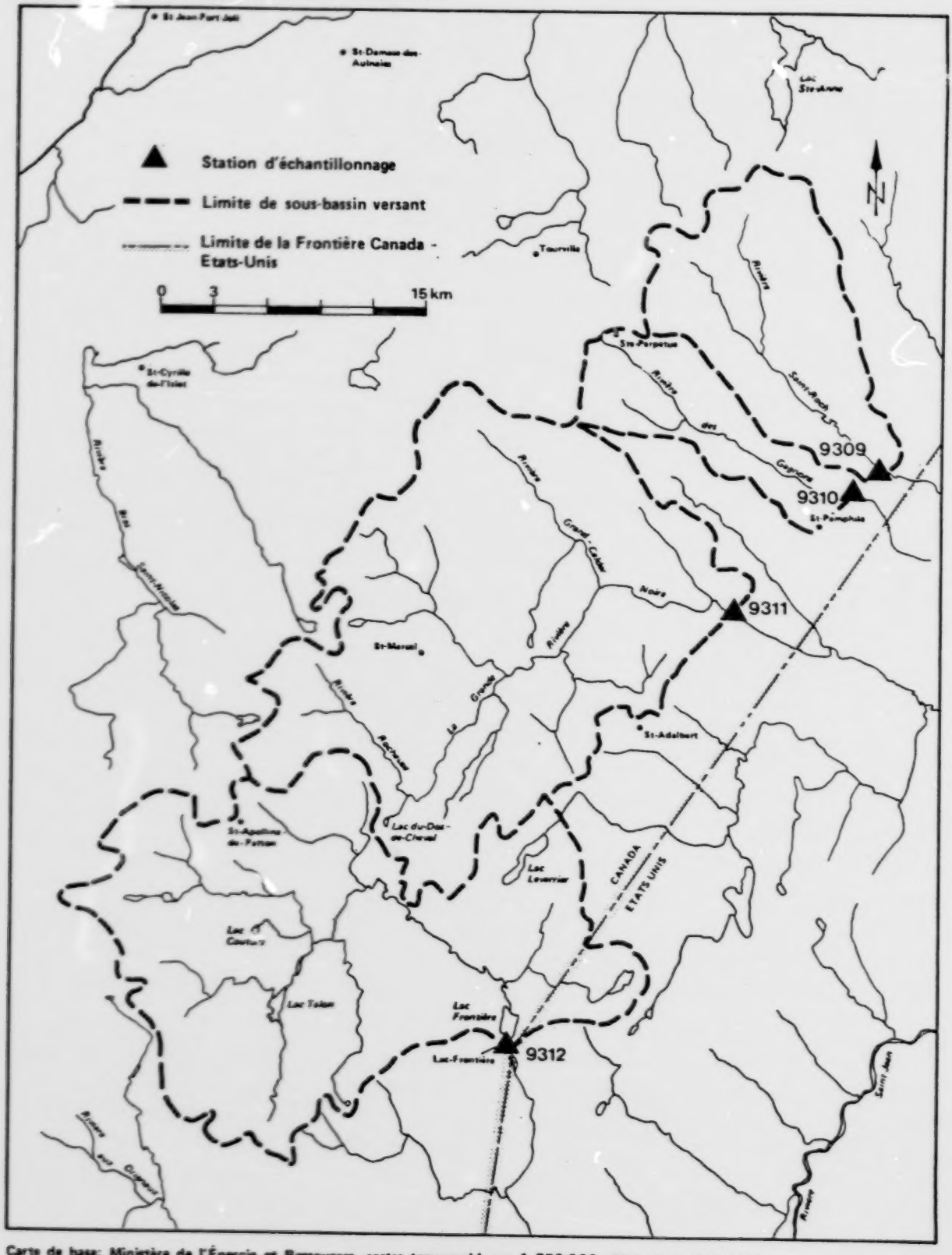
3.4.1 Le milieu physique

La station 9312 se trouve à 500 mètres en aval du lac. Une dénivellation importante caractérise le tronçon séparant le lac de la station; les eaux s'écoulent en cascades sur un fond constitué de roc.

En aval de la station, les eaux sont moins turbulentes à cause de l'élargissement de la rivière qui donne au tronçon un caractère plutôt

Figure 3

Localisation des stations d'échantillonnage des sous-bassins versants : Lac Frontière, Grande Rivière Noire, Rivière des Gagnon, Rivière Saint-Roch



Carte de base: Ministère de l'Énergie et Ressources, cartes topographiques, 1:250 000, 21K, 21L, 21M, 21N

lacustre. La végétation aquatique est abondante et diversifiée alors que les arbustaies et les herbaçaies colonisent les pentes douces de la rive.

Visuellement, l'eau semble relativement propre malgré sa coloration élevée. Il n'y a pas de signe évident de pollution.

3.4.2 Résultats et discussion

L'analyse des résultats de la qualité de l'eau du sous-bassin versant du lac Frontière indique une qualité de l'eau relativement acceptable bien que plusieurs paramètres ne soient pas conformes aux principes directeurs. Toutefois les valeurs médianes des paramètres se maintiennent à l'intérieur des concentrations observées dans les eaux naturelles (tableau 7).

L'alcalinité présente une valeur médiane de 16,0 mg/l, valeur inférieure au principe directeur de 30 mg/l; la couleur de l'eau, avec une valeur médiane de 80 unités Pt-Co, dépasse la valeur admissible de 15 unités Pt-Co destinée pour les eaux d'alimentation.

La qualité bactérienne de l'eau ne semble pas mauvaise, mais incite à la prudence puisque des streptocoques fécaux ont été détectés.

3.5 LA GRANDE RIVIÈRE NOIRE

3.5.1 Le bassin versant

La Grande Rivière Noire prend sa source dans le lac du Dos-de-Cheval dans le comté de Montmagny au Québec. Elle coule vers le nord-est jusqu'à sa confluence avec la rivière Grand-Calder où elle prend une direction est pour rejoindre la rivière Saint-Jean, après avoir parcouru près de 40 kilomètres aux États-Unis (figure 3).

Le bassin versant de la Grande Rivière Noire couvre une superficie de 1 635 km^2 dont 965 km^2 se trouvent au Québec. Les eaux parvenant à la station 9311 drainent une superficie de 609 km^2, soit 63% de la super-

ficie québécoise du bassin versant; les deux principaux tributaires de la Grande Rivière Noire sont les rivières Saint-Roch et des Gagnon.

La population québécoise du bassin versant est estimée à 8 497 personnes (1976). Les principaux villages sont Saint-Pamphile et Sainte-Perpétue. On retrouve dans la région cinq principaux secteurs industriels dont le plus important est l'industrie du bois avec un actif de 604 employés; les autres secteurs sont les vêtements (49 employés), l'alimentation (10 employés), l'équipement de transport (11) et l'imprimerie (3).

3.5.2 Le sous-bassin de la Grande Rivière Noire

La station de la qualité de l'eau de la Grande Rivière Noire (9311) est située sous le pont de la route 204 à mi-chemin entre les villages de Saint-Adalbert et Saint-Pamphile (figure 3). La superficie du sous-bassin drainée par cette station est de 409 km^2 et elle se trouve entièrement au Québec. Le territoire est très montueux et généralement boisé.

3.5.2.1 Le milieu physique

La largeur de la rivière varie de 30 à 50 mètres. La présence de plusieurs îles contribue à influencer la vitesse du courant et à créer des seuils et des fosses plus profondes atteignant parfois 3 ou 4 mètres. Le fond est principalement constitué de matériaux grossiers qui limitent l'implantation des macrophytes.

Les pentes douces de la rive favorisent le développement des écotones riverains. On retrouve des terres en friche en bordure de la rivière quoique la forêt prédomine sur l'ensemble du bassin. "Du point de vue visuel, il n'y a pas d'évidence de pollution.

3.5.2.2 Résultats et discussion

A l'analyse du tableau 7, on note que ce sont encore une fois les mêmes paramètres de la qualité de l'eau qui présentent des valeurs médianes dépassant les principes directeurs (tableau 5).

L'alcalinité et la dureté de l'eau présentent des valeurs médianes relativement basses alors que la couleur de l'eau atteint une valeur médiane élevée de 100 unités Pt-Co et une valeur maximale de 200 unités Pt-Co. La quantité de carbone organique dans l'eau est aussi élevée avec 24 mg/l comme valeur médiane, de même que, les résidus non filtrés dont une valeur maximale de 30 mg/l a été atteinte.

Les analyses bactériologiques indiquent la présence de coliformes fécaux et de streptocoques fécaux d'origine agricole avec des valeurs respectives de 20/dl et 90/dl. Les concentrations de cuivre dans l'eau, qui ont été généralement inférieures à 1 ug/l dans le bassin versant de la rivière Saint-Jean, atteignent dans le sous-bassin de la Grande Rivière Noire une valeur maximale de 17 ug/l. Bien qu'il puisse s'agir d'une donnée douteuse ou d'une contamination très localisée, cette valeur est supérieure à 5 ug/l qui est la concentration maximale admissible pour la protection des biocénoses aquatiques.

Dans l'ensemble, la qualité de l'eau n'est pas mauvaise quoique l'on observe, dans la Grande Rivière Noire, un enrichissement des matières en suspension qui contribue à augmenter les valeurs de quelques paramètres physico-chimiques tels que la couleur et la turbidité. Le ruissellement des eaux de surface pourrait être la cause de ces changements.

3.5.3 Le sous-bassin de la rivière des Gagnon

La rivière des Gagnon est un sous-bassin de la Grande Rivière Noire. Ce sous-bassin couvre une superficie de 66 km^2 et se trouve entièrement au Québec (figure 3). Les activités agricoles sont plus importantes que dans l'ensemble du sous-bassin de la Grande Rivière Noire; les terres en culture et les pâturages sont abondants.

3.5.3.1 Le milieu physique

La station de la qualité de l'eau 9310 se situe sous le pont de la rivière des Gagnon à environ 3 kilomètres de la frontière américaine ou de Saint-Pamphile. La rivière, d'une largeur d'environ 8 mètres, est peu

profonde (inférieure à 1 mètre) et montre une vitesse du courant relativement élevée. Le substrat est généralement grossier; aucun macrophyte n'a été observé.

Les pentes de la rive sont douces et colonisées par les arbustaies et des groupements forestiers. L'état de l'eau semble propre quoique plus en amont, sur la rivière, des égouts domestiques ont été observés.

3.5.3.2 Résultats et discussion

Les résultats d'analyse montrent que les activités humaines sont responsables, en partie, de l'enrichissement des eaux de la rivière des Gagnon.

Cette observation est confirmée par les taux relativement élevés des coliformes fécaux et de streptocoques fécaux avec des valeurs respectives de 730 et 280/dl (tableau 7).

Les variations dans les données de la conductivité, la turbidité, la couleur et les résidus sont importantes et peuvent être attribuées, en partie, aux activités agricoles et au ruissellement des eaux de surface.

Les substances nutritives présentent des concentrations élevées et supérieures aux eaux naturelles; le phosphore total atteint une valeur médiane de 0,073 mg/l alors que celle de l'azote Kjeldahl est de 0,66 mg/l. Le carbone organique total est aussi élevé avec une valeur médiane de 25,5 mg/l. Les métaux alcalino-terreux (calcium, magnésium, sodium, potassium), les chlorures dissous et les sulfates dissous montrent des concentrations légèrement plus élevées que celles des autres stations du bassin versant de la rivière Saint-Jean. Par contre, dans les eaux naturelles on peut observer des concentrations semblables.

A la lumière de ces résultats, il est évident qu'un enrichissement des eaux reflète les activités humaines du sous-bassin de la rivière des Gagnon. Le seul relevé disponible, concernant la qualité bactérienne de l'eau, montre que les eaux sont contaminées par des bactéries provenant

d'égouts domestiques ou de l'élevage du bétail. Il serait donc risqué de promouvoir des activités récréatives reliées à l'usage de l'eau sans entreprendre des études plus complètes.

3.5.4 Le sous-bassin de la rivière Saint-Roch

Ce sous-bassin adjacent à celui de la rivière des Gagnon se situe exclusivement au Québec; il draine une superficie de 134 km^2. La région est très boisée mais il existe quelques terres agricoles localisées principalement en bordure des accès routiers.

La station de la qualité de l'eau 9309 est située sous le pont de la route menant à Saint-Pamphile soit à environ dix kilomètres de la frontière américaine (figure 3).

3.5.4.1 Le milieu physique

Profonde d'environ 1 mètre, la rivière mesure 12 mètres de largeur. La vitesse du courant est relativement élevée mais aucun rapide n'a été observé dû à l'absence de seuil. Le débit annuel moyen pour les années 1977 à 1980 est évalué à 3,0 mètres cubes par seconde. Le substrat est généralement rocheux et sablonneux; quelques Sagittaires se sont implantés en bordure de la rivière.

Malgré une pente parfois abrupte, les écotones riverains colonisés par des herbaçaies et des arbustaies sont bien développés. La région adjacente est principalement boisée mais on peut retrouver des champs en culture qui s'étendent jusqu'à la rivière.

L'eau est très turbide et de couleur brunâtre dû probablement aux ruissellement des terres agricoles.

3.5.4.2 Résultats et discussion

Comme pour le cas des résultats observés à la station d'échantillonnage de la rivière des Gagnon, les résultats d'analyse à la station 9309

TABLEAU 8: RÉSULTATS ANALYTIQUES DU SOUS-BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE SAINT-ROCH

STATION 9309

PARAMÈTRES:	minimum	médiane	moyenne	maximum
Température (°C)	0,0	4,5	7,1	19,5
pH (unité)	6,30	7,10	7,09	7,80
Conductivité (umhos/cm)	36,0	54,1	74,4	127,0
Alcalinité totale (mg/l - $CaCO_3$)	9,2	21,9	27,1	55,1
Dureté totale (mg/l - $CaCO_3$)	24,8	35,0	39,0	74,2
Turbidité (UTJ)	3,20	5,00	8,32	36,00
Couleur vraie (unité)	50,0	96,0	116,0	415,0
Résidu fixé non filtré (mg/l)	4,0	6,0	6,5	14,0
Résidu non filtré (mg/l)	4,0	8,0	9,1	18,6
Azote dissous (NO_3-NO_2)(mg/l)	< 0,01	0,05	-	0,18
Phosphore total (mg/l)	0,018	0,044	0,069	0,167
Azote total Kjeldahl (mg/l)	0,16	0,39	0,41	0,70
Carbone organique total (mg/l)	12,0	19,0	17,0	20,0
Ammoniac dissous (mg/l)	< 0,10	0,04	-	-
Coliformes totaux (nbre/dl)	-	380	-	-
Coliformes fécaux (nbre/dl)	-	150	-	-
Streptocoques fécaux (nbre/dl)	-	100	-	-
Calcium dissous (mg/l)	6,10	11,70	12,54	20,90
Magnésium dissous (mg/l)	0,70	1,30	1,25	1,90
Sodium dissous (mg/l)	0,70	1,40	1,37	2,10
Potassium dissous (mg/l)	0,10	0,34	0,36	0,70
Chlorures dissous (mg/l)	1,00	1,50	1,53	2,10
Sulfates dissous (mg/l)	6,4	7,60	8,07	12,00
Aluminium total (mg/l)	0,22	0,31	0,33	0,46
Manganèse total (mg/l)	0,016	0,024	0,024	0,032
Cuivre total (ug/l)	< 1	< 1	-	< 1
Fer total (mg/l)	0,240	0,376	0,470	0,795
Nickel total (ug/l)	< 1	< 1	-	2
Zinc total (ug/l)	-	< 1	-	-
Mercure total (ug/l)	< 0,005	< 0,010	-	0,032

indiquent une dégradation des eaux par les matières en suspension, provenant certainement du ruissellement sur les terrains agricoles.

La turbidité de l'eau est passablement élevée avec une valeur médiane de 5 UTJ et un maximum aussi élevé que 36 UTJ (tableau 8). Les valeurs médianes et maximale de la couleur de l'eau sont élevées avec des valeurs respectives de 96 et 415 unités Pt-Co. Comme on pouvait s'y attendre les données des résidus non filtrables fixes et des résidus non filtrables totaux suivent cette même tendance avec des valeurs médianes respectives de 6,0 et 8,0 mg/l. Les concentrations des substances nutritives (phosphore total, azote Kjeldahl et carbone organique total) sont élevées quoique semblables à celles observées dans les eaux naturelles.

Finalement, la détection de coliformes fécaux confirme la contribution des activités agricoles dans l'enrichissement des eaux de la rivière Saint-Roch.

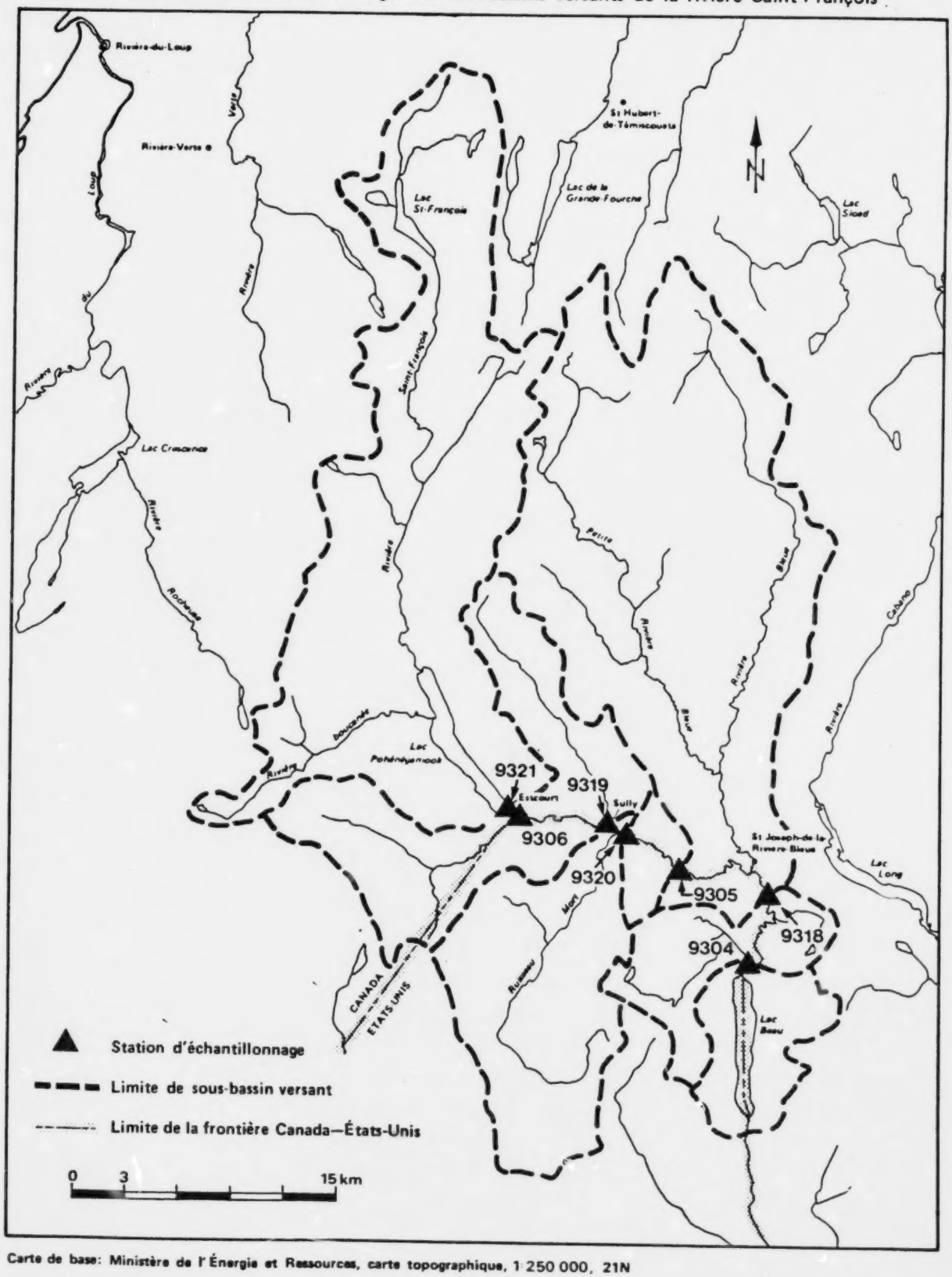
3.6 LA RIVIÈRE SAINT-FRANÇOIS

3.6.1 Le bassin

La rivière Saint-François prend sa source du lac Saint-François situé dans le comté de Rivière-du-Loup au Québec. Elle coule vers le sud, traverse une région boisée et accidentée et rejoint la rivière Saint-Jean (figure 4).

Avant son entrée dans le lac Pohénégamook au Québec, la rivière est tantôt encaissée, tantôt sinueuse. Par la suite, la rivière traverse deux lacs successifs: le lac Beau (limitrophe entre le Québec et le Maine) et le lac Glacier (limitrophe entre le Nouveau- Brunswick et le Maine). Depuis sa sortie du lac Pohénégamook, la rivière délimite la frontière entre les provinces du Québec et du Nouveau Brunswick et l'état du Maine. Le débit annuel moyen de la rivière passe de 7,0 mètres cubes par seconde, à la station située la plus en amont (9321), à 21,3 mètres cubes par seconde, à la station située la plus en aval (9304).

Figure 4
Localisation des stations d'échantillonnage des sous-bassins versants de la rivière Saint-François



Carte de base: Ministère de l'Énergie et Ressources, carte topographique, 1:250 000, 21N

La population québécoise à l'intérieur du bassin est évaluée à 6 420 personnes (1976). Contrairement à la tendance générale, observée dans le bassin versant de la rivière Saint-Jean, la population a augmenté son effectif de 7,5% depuis 1961; celle-ci montre un caractère rural.

La main-d'oeuvre est surtout concentrée dans le secteur primaire; l'industrie du bois utilise 274 employés (67%). Les industries du meuble et du textile suivent au second rang avec 46 employés chacune.

3.6.2 Sommaire des résultats

Les résultats analytiques de la qualité de l'eau de la rivière Saint-François montrent clairement que l'état de l'eau n'est pas adéquat pour la consommation domestique et pour la pratique des sports avec un contact de l'eau.

En effet, quelques paramètres physiques augmentent vers l'aval, c'est-à-dire du lac Pohénégamook vers le lac Beau (tableau 9). La valeur médiane de la conductivité augmente, passant de 63 à 92 umhos/cm (stations 9321 à 9304); la valeur médiane de la dureté passe de 33,2 à 45 mg/l de $CaCO_3$; celle de la turbidité augmente de 1,30 à 2,10 UTJ ainsi que les résidus non filtrables totaux dont la valeur médiane passe de 2,0 à 3,4 mg/l. Les autres paramètres physico-chimiques n'augmentent pas de façon marquée. Par contre, les concentrations de métaux alcalino-terreux (calcium, magnésium, sodium) et de fer augmentent légèrement.

Dans une étude spéciale réalisée en 1981 sur la surveillance bactériologique de la rivière Saint-François, les mêmes tendances avaient été observées concernant les variations des paramètres physico-chimiques (Sloterdijk, 1981). Ces changements sont principalement attribuables au ruissellement des eaux de surface. De plus, le tracé méandreux de la rivière Saint-François crée des zones d'érosion dans les partie concaves des méandres, contribuant ainsi à augmenter la quantité de matière en suspension. La présence de terres agricoles dans le sous-bassin, dont certaines sont localisées en bordure de la rivière, peut contribuer sous l'action du lessivage à augmenter l'apport des éléments nutritifs; cela pourrait

TABLEAU 9: RÉSULTATS ANALYTIQUES DU SOUS-BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE SAINT-FRANÇOIS

STATION 9321

PARAMÈTRES:	minimum	médiane	moyenne	maximum
Température (°C)	2,5	6,2	10,8	20,0
pH (unité)	6,30	7,10	7,08	7,80
Conductivité (umhos/cm)	52,0	63,0	63,4	78,0
Alcalinité totale (mg/l - $CaCO_3$)	19,0	20,7	20,8	22,7
Dureté totale (mg/l - $CaCO_3$)	27,4	33,2	32,8	37,9
Turbidité (UTJ)	0,90	1,30	1,60	3,50
Couleur vraie (unité)	30,0	49,0	47,8	72,0
Résidu fixé non filtré (mg/l)	< 1,0	1,0	-	3,0
Résidu non filtré (mg/l)	1,0	2,0	2,5	5,0
Azote dissous (NO_3-NO_2)(mg/l)	0,07	0,11	0,14	0,21
Phosphore total (mg/l)	0,016	0,020	0,020	0,025
Azote total Kjeldahl (mg/l)	0,17	0,21	0,21	0,25
Carbone organique total (mg/l)	9,0	11,0	11,0	13,0
Ammoniac dissous (mg/l)	-	0,04	-	-
Coliformes totaux (nbre/dl)	-	-	-	-
Coliformes fécaux (nbre/dl)	-	-	0	-
Streptocoques fécaux (nbre/dl)	-	-	0	-
Calcium dissous (mg/l)	9,32	9,95	9,85	10,20
Magnésium dissous (mg/l)	0,60	0,60	0,65	0,80
Sodium dissous (mg/l)	1,50	1,70	1,77	2,20
Potassium dissous (mg/l)	0,30	0,35	0,37	0,50
Chlorures dissous (mg/l)	2,30	2,65	2,75	3,40
Sulfates dissous (mg/l)	5,50	5,80	6,02	7,00
Aluminium total (mg/l)	0,08	0,08	0,08	0,08
Manganèse total (mg/l)	-	0,010	-	-
Cuivre total (ug/l)	< 1	< 1	-	< 1
Fer total (mg/l)	0,064	0,102	0,102	0,141
Nickel total (ug/l)	< 1	< 1	-	< 1
Zinc total (ug/l)	-	-	-	-
Mercure total (ug/l)	-	< 0,010	-	-

STATION 9306

minimum	médiane	moyenne	maximum
0,0	5,5	8,7	20,0
6,40	7,30	7,28	8,10
48,0	68,5	66,4	81,0
5,0	19,8	20,3	50,0
22,6	29,2	29,5	35,3
0,80	1,20	1,46	3,80
30,0	35,0	37,6	57,0
< 1,0	< 1	-	2,0
< 1,0	2,0	-	4,0
< 0,01	0,12	0,18	0,98
0,019	0,034	0,045	0,113
0,13	0,32	0,33	0,45
8,3	10,5	10,6	13,0
< 0,02	< 0,10	-	0,10
7 400	>20 000	-	>20 000
5 700	6 700	7 175	12 000
170	1 135	1 385	3 100
5,70	10,10	9,67	10,54
0,60	0,70	0,72	0,81
1,60	2,30	2,33	3,86
0,20	0,30	0,35	0,60
2,50	3,10	3,03	3,60
5,50	6,15	6,29	7,10
0,08	0,08	0,086	0,10
0,008	0,011	0,010	0,011
< 1	< 1	-	< 1
0,053	0,103	0,104	0,157
< 1	< 1	-	4
< 1	2	-	4
< 0,005	< 0,010	-	0,010

STATION 9319

PARAMÈTRES:	minimum	médiane	moyenne	maximum
Température (°C)	4,5	12,7	12,2	19,0
pH (unité)	7,30	7,50	7,56	7,90
Conductivité (umhos/cm)	60,0	69,0	68,2	75,0
Alcalinité totale (mg/l - $CaCO_3$)	24,0	25,7	26,4	29,4
Dureté totale (mg/l - $CaCO_3$)	32,0	37,6	36,1	38,7
Turbidité (UTJ)	1,70	2,60	2,63	3,60
Couleur vraie (unité)	30,0	35,0	35,0	40,0
Résidu fixé non filtré (mg/l)	< 1,0	1,2	-	2,0
Résidu non filtré (mg/l)	2,0	2,5	2,75	4,0
Azote dissous (NO_3-NO_2)(mg/l)	0,04	0,07	0,08	0,14
Phosphore total (mg/l)	0,022	0,029	0,052	0,105
Azote total Kjeldahl (mg/l)	0,17	0,29	0,26	0,34
Carbone organique total (mg/l)	-	11,0	-	-
Ammoniac dissous (mg/l)	< 0,10	< 0,10	-	< 0,10
Coliformes totaux (nbre/dl)	9 700	10 850	10 850	12 000
Coliformes fécaux (nbre/dl)	1 400	2 450	2 450	3 500
Streptocoques fécaux (nbre/dl)	350	355	355	360
Calcium dissous (mg/l)	9,97	12,75	12,12	13,00
Magnésium dissous (mg/l)	0,70	0,85	0,82	0,90
Sodium dissous (mg/l)	1,80	1,85	1,92	2,20
Potassium dissous (mg/l)	0,30	0,30	0,32	0,40
Chlorures dissous (mg/l)	2,30	2,50	2,55	2,90
Sulfates dissous (mg/l)	5,40	5,65	5,95	7,10
Aluminium total (mg/l)	-	0,10	-	-
Manganèse total (mg/l)	-	0,017	-	-
Cuivre total (ug/l)	-	< 1	-	-
Fer total (mg/l)	-	0,118	-	-
Nickel total (ug/l)	-	< 1	-	-
Zinc total (ug/l)	-	< 1	-	-
Mercure total (ug/l)	-	< 0,010	-	-

STATION 9320

minimum	médiane	moyenne	maximum
0,0	8,5	10,2	19,0
6,40	7,65	7,44	8,10
61,0	67,0	72,0	92,0
19,0	28,3	27,0	33,6
25,3	39,0	36,9	41,8
1,00	1,80	1,80	3,20
28,0	40,0	39,5	54,0
< 1,0	0,7	-	2,0
1,0	2,0	2,2	3,0
0,06	0,11	0,12	0,23
0,015	0,026	0,026	0,041
0,23	0,29	0,30	0,41
10,0	14,0	13,7	17,0
< 0,02	< 0,10	-	0,10
9 600	11 300	11 300	13 000
1 700	1 800	1 800	1 900
0	120	120	240
10,52	12,96	12,56	13,80
0,60	1,00	0,94	1,10
1,40	1,90	1,94	2,40
0,20	0,40	0,37	0,60
2,30	2,40	2,51	3,30
5,40	5,80	5,98	7,60
0,11	0,12	0,12	0,14
0,007	0,020	0,020	0,034
< 1	< 1	-	1
0,095	0,181	0,155	0,190
< 1	< 1	-	< 1
-	3	-	-
-	< 0,010	-	-

TABLEAU 9 (SUITE): RÉSULTATS ANALYTIQUES DU SOUS-BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE SAINT-FRANÇOIS

STATION 9305

PARAMÈTRES:	minimum	médiane	moyenne	maximum
Température (°C)	0,0	6,0	7,9	17,0
pH (unité)	6,30	7,40	7,35	8,20
Conductivité (umhos/cm)	64,0	74,0	76,3	94,0
Alcalinité totale (mg/l - $CaCO_3$)	11,3	24,8	24,1	34,1
Dureté totale (mg/l - $CaCO_3$)	27,4	34,5	35,0	45,0
Turbidité (UTJ)	0,60	1,70	1,82	4,00
Couleur vraie (unité)	23,0	35,0	38,9	61,0
Résidu fixé non filtré (mg/l)	< 1,0	1,0	-	6,0
Résidu non filtré (mg/l)	1,0	2,0	2,4	7,0
Azote dissous (NO_3-NO_2)(mg/l)	0,03	0,10	0,19	0,24
Phosphore total (mg/l)	0,017	0,028	0,045	0,119
Azote total Kjeldahl (mg/l)	0,17	0,23	0,28	0,60
Carbone organique total (mg/l)	8,2	10,1	10,3	13,0
Ammoniac dissous (mg/l)	< 0,02	< 0,10	-	< 0,10
Coliformes totaux (nbre/dl)	4 300	9 100	-	>20 000
Coliformes fécaux (nbre/dl)	780	1 040	1 335	2 300
Streptocoques fécaux (nbre/dl)	0	220	-	>20 000
Calcium dissous (mg/l)	6,30	11,72	11,06	13,80
Magnésium dissous (mg/l)	0,60	1,00	0,97	1,13
Sodium dissous (mg/l)	1,40	1,90	2,00	2,57
Potassium dissous (mg/l)	0,28	0,30	0,36	0,60
Chlorures dissous (mg/l)	2,00	2,30	2,36	3,20
Sulfates dissous (mg/l)	5,30	6,00	6,21	7,60
Aluminium total (mg/l)	0,10	0,10	0,11	0,14
Manganèse total (mg/l)	0,009	0,014	0,018	0,031
Cuivre total (ug/l)	< 1	< 1	-	1
Fer total (mg/l)	0,070	0,146	0,134	0,174
Nickel total (ug/l)	< 1	< 1	-	< 1
Zinc total (ug/l)	< 1	1,5	-	3
Mercure total (ug/l)	< 0,005	< 0,010	-	0,007

STATION 9318

minimum	médiane	moyenne	maximum
0,0	6,5	8,3	17,0
6,30	7,60	7,47	8,00
48,0	91,0	97,3	143,0
20,0	41,7	38,8	57,7
27,4	52,3	48,6	66,9
0,80	2,30	2,59	6,20
22,0	31,0	36,4	68,0
< 1,0	1,5	-	12,0
1,0	3,0	3,7	13,0
0,04	0,09	0,12	0,26
0,018	0,031	0,033	0,064
0,08	0,21	0,21	0,35
7,0	9,4	8,8	10,0
< 0,10	0,04	-	-
5 900	8 400	9 100	13 000
1 500	1 800	2 100	3 000
0	240	413	1 000
10,15	17,58	16,15	22,50
0,70	1,20	1,15	1,50
1,20	2,10	1,96	2,50
0,30	0,40	0,38	0,60
1,90	2,40	2,46	3,60
5,10	5,95	6,05	7,80
0,11	0,16	0,18	0,26
0,012	0,020	0,020	0,029
< 1	< 1	-	1
0,089	0,251	0,238	0,360
< 1	< 1	-	< 1
< 1	2	-	4
< 0,010	0,047	-	0,090

STATION 9304

PARAMÈTRES:	minimum	médiane	moyenne	maximum
Température (°C)	0,0	8,0	8,7	17,0
pH (unité)	6,30	7,40	7,28	8,10
Conductivité (umhos/cm)	49,0	92,0	97,2	123,0
Alcalinité totale (mg/l - $CaCO_3$)	14,7	34,7	34,2	57,7
Dureté totale (mg/l - $CaCO_3$)	31,6	45,1	47,4	73,8
Turbidité (UTJ)	1,00	2,10	2,90	11,00
Couleur vraie (unité)	16,0	35,0	39,4	88,0
Résidu fixé non filtré (mg/l)	< 1,0	2,2	-	12,0
Résidu non filtré (mg/l)	1,0	3,4	4,9	14,0
Azote dissous (NO_3-NO_2)(mg/l)	0,03	0,09	0,11	0,26
Phosphore total (mg/l)	0,017	0,037	0,044	0,087
Azote total Kjeldahl (mg/l)	0,17	0,27	0,30	0,50
Carbone organique total (mg/l)	7,4	9,4	11,0	18,0
Ammoniac dissous (mg/l)	< 0,10	< 0,10	-	< 0,10
Coliformes totaux (nbre/dl)	3 400	4 550	5 650	9 000
Coliformes fécaux (nbre/dl)	320	530	510	660
Streptocoques fécaux (nbre/dl)	0	85	152	440
Calcium dissous (mg/l)	8,00	16,67	14,88	22,10
Magnésium dissous (mg/l)	0,70	1,20	1,13	1,50
Sodium dissous (mg/l)	1,20	2,05	2,04	2,70
Potassium dissous (mg/l)	0,30	0,30	0,38	0,60
Chlorures dissous (mg/l)	1,80	2,30	2,43	3,90
Sulfates dissous (mg/l)	5,30	6,10	6,16	7,70
Aluminium total (mg/l)	0,11	0,17	0,20	0,31
Manganèse total (mg/l)	0,019	0,021	0,024	0,033
Cuivre total (ug/l)	< 1	1	-	1
Fer total (mg/l)	0,139	0,286	0,284	0,426
Nickel total (ug/l)	< 1	< 1	-	< 1
Zinc total (ug/l)	< 1	1,5	-	3
Mercure total (ug/l)	< 0,005	< 0,010	-	0,014

expliquer, en partie, les changements brusques des données du phosphore total et de l'azote Kjeldahl.

Les résultats d'analyses bactériologiques montrent que les quantités de coliformes totaux, fécaux et streptocoques fécaux sont anormalement élevées à toutes les stations du sous-bassin de la rivière Saint-François. Cette contamination bactérienne provient principalement des égouts domestiques dont deux importants ont été observés à la décharge du lac Pohénégamook. D'autres sources ont été identifiées dans la rivière: près du village de Sully (à l'aval du village) et dans le sous-bassin de la rivière Bleue (Sloterdijk, 1981).

Pour vérifier si la contamination est essentiellement d'origine humaine ou agricole, nous avons utilisé le rapport coliformes fécaux/streptocoques fécaux qui donne une indication de la nature de la source de matières fécales; ce rapport a été décrit par plusieurs auteurs dont Geldreich (1976) et Feachem (1975). Un rapport plus grand que 4,4 indique une origine humaine alors qu'un rapport inférieur à 1 indique une origine agricole (élevage de bétail). Tous les rapports indiquent une origine humaine sauf un rapport calculé à la station 9305 dont la valeur de 0,1 identifie une origine agricole. Une valeur maximale supérieure à 20 000 streptocoques fécaux/dl a été détectée à la station.

Le déversement des égouts domestiques dans la rivière et possiblement l'élevage du bétail contribuent à la dégradation des eaux de la rivière Saint-François jusqu'à l'embouchure dans le lac Beau. La consommation domestique de l'eau de la rivière et les activités récréatives exigeant un contact avec l'eau sont compromises à cause de la mauvaise qualité bactérienne de l'eau.

Les répercussions de cette contamination dans le lac Beau sont mineures à cause du phénomène de dilution des bactéries dans les eaux du lac. Toutefois, une accélération du phénomène d'eutrophisation peut intervenir à long terme si aucune mesure n'est mise sur pied pour réduire les sources de pollution.

A l'exutoire du lac, l'eau semble d'excellente qualité malgré sa coloration un peu élevée.

3.6.3 La station 9321

Cette station de la qualité de l'eau est localisée dans le village de St-Pierre d'Estcourt à la sortie du lac Pohénégamook, sous le pont de la route 289. Le territoire drainé, exclusivement au Québec, est de 376 km^2. On retrouve autour du lac Pohénégamook un peu de villégiature et plusieurs résidences principalement à l'embouchure du lac (figure 4).

3.6.3.1 Le milieu physique

Un seuil localisé à la sortie du lac semble stabiliser le niveau des eaux; par conséquent, le débit est faible. En aval du seuil, on retrouve une fosse de 3 à 4 mètres de profondeur, mais par la suite, la rivière est encaissée et la profondeur de l'eau ne dépasse pas 1 mètre.

Les rives sont abruptes, rocheuses sans véritable végétation. L'agriculture est un peu développée du côté québécois mais d'une façon générale la région est principalement boisée surtout dans l'état du Maine où l'industrie forestière constitue la seule activité humaine.

3.6.3.2 Résultats et discussion

Les résultats d'analyse, présentés au tableau 9, montrent que seulement 3 paramètres sur 30 ne sont pas conformes aux "principes directeurs" concernant les objectifs établis pour la consommation domestique. L'alcalinité de l'eau avec une valeur médiane de 20,7 mg/l de $CaCO_3$ est légèrement inférieure à la valeur suggérée de 30 mg/l de $CaCO_3$. La turbidité de l'eau avec une valeur médiane de 1,30 UTJ dépasse légèrement l'objectif de 1 UTJ; la concentration acceptable étant de 5 UTJ. La couleur de l'eau est élevée avec une valeur médiane de 49,0 unités Pt-Co; les eaux du sous-bassin de la rivière Saint-François sont par contre moins colorées que celles des autres sous-bassins étudiés.

Ces résultats indiquent que la qualité de l'eau à la sortie du lac est relativement bonne. Tous les paramètres ont montré des valeurs médianes comparables aux concentrations observées dans les eaux naturelles. L'absence de bactéries dans l'eau et des concentrations relativement faibles des substances nutritives sont de bonnes indications qu'elle peut servir à la plupart des utilisations.

3.6.4 La station 9306

Cette station de la qualité de l'eau est située à quelques 60 mètres en aval de la station 9321 et présente les mêmes caractéristiques que cette dernière (figure 4).

3.6.4.1 Le milieu physique

La seule caractéristique qui diffère de la station précédente est la présence de deux égouts domestiques localisés de chaque côté de la rivière, sous le pont.

En conséquence, l'aspect de l'eau se détériore et un enrichissement est mis en évidence par la présence d'algues colonisant le substrat de la rivière.

3.6.4.2 Résultats et discussion

L'enrichissement des eaux est confirmé par le taux de coliformes (tableau 9). Le nombre de coliformes fécaux et des streptocoques fécaux est très élevé avec des valeurs médianes respectives de 6 700 et 1 135/dl.

Il n'y a pas d'évidence notable concernant les changements dans les autres paramètres sauf si on fait exception d'une légère augmentation du pH, la conductivité, le phosphore total et l'azote Kjeldahl. Toutefois, les changements de la qualité de l'eau sont surtout perceptibles par la présence d'algues filamenteuses qui, à long terme, peuvent contribuer à la diminution de la diversité des communautés benthiques et par la suite de la chaîne alimentaire.

En ce qui concerne la consommation domestique de l'eau et la pratique des activités récréatives telle la baignade, il ne fait aucun doute que la contamination bactérienne compromet ces activités près de l'aval de la station.

3.6.5 La station 9319

Cette station est située à moins de 7 kilomètres en aval de l'embouchure du lac Pohénégamook (figure 4). Elle est localisée à proximité du dépotoir de Sully sur la structure en béton aménagée sur la berge de la rivière Saint-François. La superficie drainée est de 531 km^2 dont 96% se trouve au Québec. L'agriculture est pratiquée sur la bordure sud de la rivière.

3.6.5.1 Résultats et discussion

A cette station, on note peu de changements dans les résultats d'analyse. Les valeurs médianes du pH, la conductivité et la turbidité ont légèrement augmenté par rapport à la station précédente 9306 (tableau 9).

Le taux de bactéries coliformes semble avoir diminué par rapport à cette station. Toutefois, l'étude bactériologique réalisée en juillet 1981 indiquait une enrichissement des eaux (augmentation des coliformes) près du village de Sully (Sloterdijk, 1981).

3.6.6 La station 9320

Cette station est située à 2 kilomètres en aval de la station 9319 du réseau de la qualité de l'eau. Un peu en amont de la station, la rivière Saint-François reçoit les eaux du ruisseau Mort qui draine à lui seul une superficie de 132 km^2 (figure 4).

3.6.6.1 Résultats et discussion

On ne remarque pas de changement majeur par rapport aux résultats de la station 9319. La quantité de coliformes fécaux a diminué de près de la moitié (tableau 9).

3.6.7 La station 9305

A quelques 5 kilomètres, toujours vers l'aval sur la rivière Saint-François, se trouve la station 9305 (figure 4). Elle draine une superficie de 681 km^2 soit 18 km^2 de plus que la station 9320. Des rives boisées caractérisent le tronçon amont de la station.

3.6.7.1 Le milieu physique

La rivière est caractérisée par un tracé sinueux, une vitesse du courant relativement élevée et la présence de seuils, formant des zones de rapides en alternance avec des fosses plus profondes et plus calmes où on trouve quelques macrophytes.

Les pentes de la rive sont douces ou abruptes selon la formation de talus d'érosion dans les méandres. La région est principalement boisée quoique l'on retrouve un peu d'agriculture dans la partie québécoise. Quelques résidences sont situées de part et d'autres de la rivière.

Dans les zones d'eaux vives, il n'y a pas de signe évident de pollution. Toutefois, dans les zones d'eaux calmes, on observe des dépôts de matière organique; l'eau semble plus polluée dû à la croissance d'algues filamenteuses.

3.6.7.2 Résultats et discussion

On observe une augmentation substantielle de la conductivité de l'eau avec une valeur médiane de 74,0 umhos/cm. Les concentrations des autres paramètres physico-chimiques et des substances nutritives n'ont pas changé (tableau 9).

Par contre, la qualité bactérienne de l'eau s'est détériorée dans ce dernier tronçon. Le nombre de streptocoques fécaux est extrêmement variable avec une valeur médiane de 220/dl et une valeur maximale supérieure à 20 000/dl. Si on calcule le rapport des coliformes fécaux/streptocoques fécaux, pour le relevé du mois d'août 1980, on obtient la valeur de 0,1, ce

qui indiquerait une source d'origine agricole. Il existe donc une source importante de polluants en amont de la station qui contribue à enrichir d'une façon sporadique les eaux de la rivière Saint-François.

3.6.8 La station 9318

A environ 10 kilomètres en aval de la station 9305, on retrouve la station 9318. La zone amont de la station reçoit les eaux de la rivière Bleue qui traverse le village de St-Joseph-de-la-Rivière-Bleue (figure 4). La superficie drainée par la station totalise 1 086 km^2 dont 912 km^2 (84%) se trouvent au Québec. L'agriculture occupe une place importante dans cette partie du bassin de la rivière Saint-François.

3.6.8.1 Résultats et discussion

Les résultats d'analyse de la station 9318 (tableau 9) montrent, à nouveau, un enrichissement des eaux de la rivière Saint-François.

Une augmentation importante des paramètres physico-chimiques (pH, conductivité, alcalinité, dureté turbidité, résidus) est causée par le ruissellement sur les terres agricoles. Toutefois, les taux élevés de coliformes indiquent que les égouts domestiques et la production animale contribuent significativement à la dégradation de l'eau. Des sources importantes proviendraient du bassin de la rivière Bleue (Sloterdijk, 1981).

3.6.9 La station 9304

Le dernier tronçon à l'étude de la rivière Saint-François précède le lac Beau; il est caractérisé par un tracé très sinueux. La station 9304 de la qualité de l'eau est située environ à 500 mètres de l'embouchure de la rivière Saint-François dans le lac Beau (figure 4). La superficie drainée couvre 1 145 km^2 dont 925 km^2 (81%) se trouve au Québec.

3.6.9.1 Le milieu physique

Le tracé de la rivière devient de plus en plus sinueux à l'approche du lac Beau. La largeur de la rivière atteint près de 50 mètres dans les

zones de méandres tandis que la profondeur de l'eau passe respectivement de 1 à 3 mètres, des parties convexes aux parties concaves. Des talus d'érosion se sont formés dans les parties concaves à cause de l'action de l'eau alors que les parties convexes sont représentatives des milieux de sédimentation et présentent une pente douce de la rive.

L'aspect général de l'eau semble dégradé à cause de la présence d'algues filamenteuses et de dépôts de matières organiques principalement dans les parties convexes.

3.6.9.2 Résultats et discussion

Cette dernière station du sous-bassin de la rivière Saint-François présente une qualité de l'eau relativement dégradée. La conductivité de l'eau est élevée avec une valeur médiane de 92 umhos/cm, la turbidité atteint une valeur médiane de 2,1 UTJ et un maximum de 11 UTJ, les résidus non filtrables totaux sont aussi abondants avec une valeur médiane de 3,4 mg/l (tableau 9); les variations sont importantes et peuvent être causées par le ruissellement des eaux de surface. Le tracé sinueux de la rivière contribue à l'érosion des rives.

Les concentrations du phosphore total ne sont pas excessivement élevées (valeur médiane 0,037 mg/l) mais elles ont augmenté légèrement par rapport aux stations localisées en amont; pour la protection de la vie aquatique, on recommande que les valeurs ne dépassent pas 0,025 mg/l.

La teneur des coliformes fécaux dans le milieu aquatique est encore relativement élevée. Par contre, on ne peut pas généraliser cette contamination à l'ensemble du lac Beau; le phénomène de dilution contribue généralement à diminuer le nombre de bactéries par décilitre. Toutefois, il faudra signaler les risques de contamination bactérienne dans la zone caractérisée par l'embouchure de la rivière Saint-François dans le lac Beau.

4.0 RÉSULTATS D'ÉCHANTILLONNAGE DU BENTHOS

Dans les deux chapitres qui suivent, nous allons traiter essentiellement du benthos et des poissons puisque l'interprétation de ces données se rapporte à l'ensemble du bassin versant de la rivière Saint-Jean.

4.1 ROLE DES ORGANISMES BENTHIQUES DANS LA CARACTÉRISATION DES EAUX

La discussion qui suit est tirée en partie du rapport technique produit pour les rivières transfrontalières du 45 ième parallèle (Sloterdijk et Guay, 1982).

Dans les études de surveillance de la qualité de l'eau, les résultats des analyses physico-chimiques sont souvent utilisés pour suivre l'évolution de la qualité de l'eau et déterminer son degré de contamination. Toutefois, ces analyses représentent souvent des instants isolés dans le temps. Afin de pallier à ce défaut, les études des organismes aquatiques en relation avec leur milieu peuvent fournir de l'information supplémentaire sur l'historique de la qualité d'un cours d'eau (Hellawell, 1978). Le rôle de la biologie dans les programmes de surveillance administrés par la DQE est important puisque l'application des techniques biologiques permet d'améliorer de façon significative les évaluations de la qualité de l'eau (Shindler, 1981).

On reconnaît que la vie aquatique animale et végétale est conditionnée par la qualité de l'eau. Un cours d'eau non-pollué peut supporter une grande variété d'organismes tandis qu'une rivière polluée démontre une diminution d'espèces ou de la diversité des communautés. De façon simplifiée, une rivière, recevant des égouts domestiques ou d'autres effluents peu toxiques et à demande biochimique d'oxygène élevée, manifeste une diminution des espèces peu tolérantes, tandis que le nombre d'individus des espèces plus tolérantes augmente considérablement. Par contre, une rivière recevant des effluents toxiques démontre une diminution des espèces sensibles, alors que le nombre d'individus des espèces tolérantes n'augmente pas. A une certaine concentration, les substances toxiques peuvent détruire toutes formes de vie (Hynes, 1971, Warren, 1971).

On a démontré que les macro-invertébrés (benthos) peuvent servir comme indicateur pour la qualité de l'eau (Hilsenhoff, 1977). A cause de leur mode de vie sédentaire dans un cours d'eau, ils sont exposés aux décharges des émissaires en tout temps et reflètent la qualité de leur environnement immédiat. La diversité des espèces benthiques reflète la condition de la rivière sur une période de temps.

Toutefois, l'étude du benthos et de l'influence de la pollution sur sa diversité et sa distribution est très complexe car plusieurs facteurs (biotiques et abiotiques) y jouent un rôle très important. Un des facteurs majeurs est la nature du lit de la rivière. Un lit d'érosion présente un milieu où le fond est rocheux, le courant est rapide et l'eau est bien oxygénée et relativement froide. Les lits de dépôt sont caractérisés par un fond vaseux, un courant lent et par une eau qui peut être déficiente en oxygène et plus réchauffée (Hynes, 1971; 1978). La condition intermédiaire, un fond de sable, est peu propice pour la vie aquatique.

Parmi d'autres facteurs, on retrouve la dureté de l'eau, la pression des prédateurs, la morphologie de la rivière, etc. La morphologie du lit à fond rocheux est un point important: la quantité et la forme des blocs et galets, la présence de gravier, etc. Ces aspects peuvent déterminer, en grande partie et de façon naturelle, la présence ou l'absence des espèces et le nombre d'individus par espèce.

Un autre facteur important est le cycle de vie des espèces benthiques. La plupart de ces organismes se retrouvent seulement durant certaines périodes de l'année, étant donné que le benthos se compose surtout de larves d'insectes pour lesquelles le stade adulte est émergent.

4.2 CALCUL DE LA DIVERSITÉ ET DE L'INDICE BIOTIQUE DES COMMUNAUTÉS BENTHIQUES

L'échantillonnage du benthos dans les cours d'eau transfrontaliers a été effectué de façon qualitative et par conséquent, l'interprétation sera assez difficile, surtout du point de vue des effets de la pollution.

Les résultats ont été résumés et apparaissent au tableau 10. Dans l'appendice 1, on retrouve la liste détaillée des organismes échantillonnés; chaque organisme est classé selon le grand groupe (classe, ordre) et la famille auxquels il appartient.

Afin de faire une évaluation semi-quantitative, nous avons calculé un indice de diversité selon une formule simple de Margaleff (Legendre et Legendre, 1979):

$$\text{Diversité} = \frac{n - 1}{\ln N},$$

où n est le nombre de taxons (les genres ou familles dans notre cas), N est le nombre total d'individus et ln est le logarithme naturel. Les stations présentant un indice de diversité élevé sont généralement moins affectées par la pollution (tableau 10).

Nous avons établi de façon arbitraire des classes de diversité pour mieux caractériser les habitats échantillonnés.

Classes de diversité	Résultats
diversité élevée	> 4,00
diversité moyenne	2,51 à 4,00
diversité faible	1,00 à 2,50
diversité très faible	< 1,00

Nous avons également calculé un indice biotique selon la formule d'Hilsenhoff (Hilsenhoff, 1977) dans le but d'obtenir une appréciation de la qualité de l'eau à partir des données sur la faune benthique:

$$\text{Indice biotique (I.B.)} = \frac{\sum n_i \cdot a_i}{N}$$

où n_i est le nombre d'individus du groupe taxonomique i, a_i est la valeur de la cote biotique attribuée à ce groupe i et N représente le nombre total d'individus dans l'échantillon. L'auteur a établi cinq classes

TABLEAU 10: RÉSULTATS D'ÉCHANTILLONNAGE DE LA FAUNE BENTHIQUE

* STATIONS	NOMBRE TOTAL (N)	GENRES (n)	GENRE DOMINANT (%)	GENRE CO-DOMINANT (%)	DIVERSITÉ $D = \frac{n-1}{\ln N}$	INDICE BIOTIQUE $\frac{\sum ni \cdot ai}{N}$	CHIRONOMIDES (n)	CHIRONOMIDES (%)	TRICHOPTÈRES (%)	ÉPHÉMÉROPTÈRES (%)	PLÉCOPTÈRES (%)	COLÉOPTÈRES (%)	MÉGALOPTÈRES (%)	DIPTÈRES (%)	CHIRONOMIDES (%)	ODONATES (%)	OLIGOCHÈTES (%)	HIRUDINÉES (%)	GASTÉROPODES (%)	PÉLÉCYPODES (%)	DÉCAPODES (%)	COPÉPODES (%)	HYDRACARIENS (%)	HÉMIPTÈRES (%)	HOMOPTÈRES (%)
9317	121	26	Epeorus (17)	Ephemerella (16)	5,21	0,94	7	16,53	62,81	8,26	5,78	-	4,13	5,47	0,83	12,95	-	-	-	1,65	-	-	-	-
9316	65	18	Heptagenia (18)	Ephemerella (15)	4,07	1,14	1	7,69	78,46	7,69	-	-	3,08	1,51	1,54	-	-	-	-	1,54	-	-	-	-
9315	62	16	Hydropsyche (19)	Epeorus (13)	3,63	1,58	-	19,35	54,84	8,06	14,52	-	1,61	-	1,61	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9313	218	21	Ephemerella (31)	Hydropsyche (12)	3,71	1,74	22	17,43	50,00	0,92	22,94	-	2,75	9,17	4,13	8,40	-	-	0,92	-	-	-	0,92	-
9312	116	27	Hydropsyche (20)	Nacronema (15)	5,47	1,66	9	47,41	31,03	6,90	4,31	-	-	7,20	-	0,85	0,86	-	6,90	1,72	-	-	0,86	-
9311	62	12	Heptagenia (35)	Psephenus (14)	2,66	1,21	6	8,06	64,52	-	14,52	-	-	8,82	8,06	-	-	-	-	1,61	-	-	3,23	-
9310	235	19	Hydropsyche (37)	Heptagenia (27)	3,30	1,98	32	40,00	42,55	5,96	4,26	0,43	4,68	11,98	-	1,26	-	-	-	0,85	-	-	0,43	0,85
9309	29	14	Ephemera (34)	Stenacron (10)	3,86	1,29	6	5,90	68,97	-	6,90	-	6,90	17,14	10,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9306	5	4	Chematopsyche (40)	Stenonema (10) Hydropsyche (20)	1,86	3,00	1	60,00	20,00	-	-	-	-	16,67	-	16,67	-	-	-	-	20,00	-	-	-
9305a	88	17	Ephemerella (45)	Heptagenia (20) Pseudocloeon (15)	3,57	1,48	45	6,82	79,54	-	6,82	-	3,41	33,63	-	-	-	-	-	-	-	3,41	-	-
9305b	64	18	Ephemerella (50)	Heptagenia (14)	4,09	1,05	10	18,75	71,87	1,56	1,56	-	1,56	13,51	3,12	-	-	1,56	-	-	-	-	-	-

* Stations présentées de l'amont vers l'aval pour un même sous-bassin (Exemple: stations 9317 à 9315; 9306 à 9305b).

d'appréciation de la qualité de l'eau à partir des résultats obtenus sur 53 rivières de la région du Wisconsin. Notons que ce sont les mêmes organismes qui y sont rencontrés. Les classes sont les suivantes:

Indice biotique	Qualité de l'eau	État de l'eau
< 1,75	Excellente	Propre et non perturbée
1,75-2,25	Bonne	Début d'enrichissement ou perturbée
2,25-3,00	Modérée	Modérément enrichie ou perturbée
3,00-3,75	Pauvre	Significativement enrichie ou perturbée
>3,75	Très pauvre	Très enrichie ou perturbée

Notons que ces classes d'appréciation ne s'appliquent qu'aux organismes benthiques des milieux d'érosion et qu'une eau qualifiée d'excellente ne l'est pas nécessairement pour tous les usages de l'homme. L'objectif à atteindre concernant le benthos est que la communauté benthique d'une station soit diversifiée et présente un indice biotique tendant vers les basses valeurs.

4.3 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Malgré les limites de l'étude, l'analyse des communautés benthiques de l'ensemble des stations d'échantillonnage du bassin versant de la rivière Saint-Jean reflète une qualité de l'eau généralement bonne à excellente (tableau 10). Les organismes benthiques les plus abondants sont représentatifs des eaux non polluées ou peu polluées. Ils ont une cote biotique peu élevée alors que les organismes tolérant la pollution reçoivent une cote plus élevée (Hilsenhoff, 1977).

Les stations du tronçon principal de la rivière Saint-Jean (stations: 9317, 9316, 9315) présentent des indices biotiques variant de 0,94 à 1,58 classant ainsi la qualité de l'eau d'excellente (tableau 10); la diversité est d'ailleurs moyenne à élevée. Toutefois, à partir de ces quelques données, on ne peut pas affirmer avec certitude que la qualité de l'eau se détériore vers l'aval bien que les chiffres montrent cette tendance, c'est-à-dire que la diversité diminue et l'indice biotique augmente. Par

ailleurs, les observations visuelles indiquaient une dégradation légère de l'état de l'eau vers l'aval, alors que les données physico-chimiques montraient un enrichissement progressif.

Les analyses des communautés benthiques des sous-bassins se greffant au tronçon principal (stations: 9309 à 9313) indiquent une diversité moyenne à élevée, alors que les calculs de l'indice biotique classent la qualité de l'eau de bonne à excellente. Les eaux à la sortie du lac Frontière (station 9312) sont particulièrement propres et très diversifiées en organismes benthiques avec des valeurs respectives de 1,66 (indice biotique) et de 5,47 (diversité).

Finalement, les résultats observés dans le sous-bassin de la rivière Saint-François indiquent les mêmes tendances, sauf à la station 9306 représentant la décharge du lac Pohénégamook; à cette station, la diversité est faible et l'indice biotique montre que les eaux sont significativement enrichies ou perturbées. La présence d'un égout domestique contribue sans doute à cette dégradation locale de la qualité de l'eau et affecte les organismes benthiques. Les résultats d'analyses de la qualité de l'eau ont démontré que les valeurs de la conductivité, la dureté, la turbidité, les métaux alcalino-terreux et particulièrement les coliformes fécaux ont augmenté d'une façon marquée contribuant ainsi à la contamination de l'eau.

5.0 RÉSULTATS D'ÉCHANTILLONNAGE DES POISSONS

Les poissons sont utilisés, depuis quelques années, comme des indicateurs biologiques de la contamination car ils peuvent concentrer les substances toxiques même à des concentrations non détectables dans l'eau. Les pesticides, les B.P.C. et le mercure sous forme méthylée sont liposolubles et se concentrent dans les tissus adipeux; les concentrations augmentent donc avec la quantité de lipides dans les tissus. De façon générale, on note une bioconcentration le long de la chaîne alimentaire et la conséquence de cette contamination est évidemment la présence de mercure, des B.P.C. et de pesticides chez les humains, dernier maillon de la chaîne alimentaire. Toutefois, les métaux lourds ne montrent pas tous ces mêmes caractéristiques puisqu'ils se retrouvent sous la forme inorganique dans le milieu aquatique (Sloterdijk, 1977).

5.1 CRITÈRES D'ÉVALUATION

Les critères concernant les poissons se rapportent principalement à la mise en marché pour la consommation. Quelques normes gouvernementales ont été établies pour certains contaminants tels: le mercure avec un maximum acceptable de 0,5 mg/kg; les B.P.C. avec 2,0 mg/kg; le D.T.T. total avec 5,0 mg/kg; la dieldrine avec 0,3 mg/kg (Directive du ministère de la Santé nationale et du Bien-être social du Canada).

Cependant, comme ces normes ne s'appliquent pas pour les ménés, elles sont données à titre indicatif. Par ailleurs, pour la protection des espèces fauniques situées à la tête de la chaîne alimentaire, tels les oiseaux ichtyophages, il est recommandé que les organismes aquatiques ne présentent pas des concentrations supérieures à 0,5 mg/kg de B.P.C. et à 1,0 mg/kg de D.T.T. (E.P.A., 1972).

5.2 RÉSULTATS ANALYTIQUES

Les espèces capturées étaient pour la plupart des cyprinidés, avec quelques jeunes spécimens de catostomes et parfois des jeunes d'autres espèces telles que les salmonidés (truites). Le tableau 11 présente les

résultats d'analyse des métaux lourds, des B.P.C. et des pesticides organochlorés dans la chair des ménés des rivières transfrontalières. Ces données doivent être interprétées avec prudence, puisque les concentrations des substances toxiques varient selon les espèces de poissons, la taille, l'âge et les facteurs du milieu. De plus, ces résultats sont basés sur une seule période d'échantillonnage (juillet 1980).

Par rapport aux poissons analysés dans les eaux du fleuve Saint-Laurent, les teneurs de certains métaux lourds tels le mercure, le cuivre et le zinc sont relativement élevées dans la chair des ménés du bassins versant de la rivière Saint-Jean. Ceci est surprenant, compte tenu de la faible représentativité des activités minières et industrielles de la région (tableau 11). La valeur médiane de la concentration du mercure dans le bassin versant atteint 0,30 mg/kg comparativement à la valeur médiane de 0,05 mg/kg observée dans les ménés du lac St-François, un élargissement du fleuve Saint-Laurent (Sloterdijk, données non publiées). Cette valeur dépasse également la valeur maximale de 0,13 mg/kg mesurée dans les ménés de la station de la qualité de l'eau (DGEI-Q) de la rivière Châteauguay (Sloterdijk et Guay, 1982).

Les valeurs moyennes du cuivre et du zinc, dans les ménés du bassin du versant de la rivière Saint-Jean, avec respectivement 0,98 et 43 mg/kg dépassent les valeurs moyennes mesurées dans les poissons adultes du fleuve Saint-Laurent (Sloterdijk, 1977) avec des valeurs respectives de 0,70 et 15 mg/kg (tableau 12). Ces différences peuvent s'expliquer entre autres par les processus métaboliques plus actifs chez les jeunes poissons, ce qui favorisent davantage l'accumulation des métaux inorganiques par rapport aux poissons de plus grande taille (Sloterdijk, 1977).

En ce qui concerne les pesticides, on constate, à l'analyse du tableau 11, que les concentrations ne sont pas excessivement élevées mais sont toutefois détectées dans le bassin versant de la rivière Saint-Jean. Les activités agricoles et l'industrie du bois sont probablement à l'origine de la présence des pesticides.

TABLEAU 11

RÉSULTATS D'ANALYSE DES MÉTAUX LOURDS, DES BPC ET DES PESTICIDES ORGANOCHLORÉS DANS LA CHAIR DES MÉNÉS DES RIVIÈRES TRANSFRONTALIÈRES: BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE SAINT-JEAN (TF2)

STATIONS	% LIPIDES	MÉTAUX LOURDS (mg/kg)							BPC / PESTICIDES ORGANOCHLORÉS (ng/g)					
		Hg	Cu	Zn	Cr	Cd	Pb	Ni	BPC	BHC	DDT	HCB	chlordane	dieldrine
9315 (1)	5,87	0,32	0,9	30	<0,6	0,06	<2,0	<0,2	<2,0	1,30	5,00	0,30	0,80	2,70
9314 (1)	4,09	0,26	0,8	39	<0,6	0,07	<2,0	<0,2	<2,0	2,10	6,70	0,50	0,75	2,75
9313 (1)	N/D (3)	I(4)	0,8	25	<0,6	0,05	<0,6	<0,2	I	I	I	I	I	I
9312 (1)	6,64	0,31	1,2	36	<0,6	0,07	<0,6	<0,2	<2,0	0,60	5,10	0,40	0,80	1,45
9311 (2)	N/D	I	0,4	17	I	I	I	I	<2,0	1,50	9,30	1,00	1,00	2,40
9309 (2)	N/D	I	1,2	72	I	I	I	I	<2,0	1,30	11,00	1,10	1,90	2,50
9305 (2)	N/D	I	1,2	78	<0,6	0,04	<0,6	0,3	<2,0	0,20	5,4	<0,1	0,10	0,60
9304 (1)	4,60	0,30	1,4	46	<0,6	0,04	<0,6	0,2	<2,0	0,20	3,6	<0,1	0,65	1,15

(1) Chaque donnée représente la valeur médiane de plusieurs homogénats de poissons.
(2) Chaque donnée représente la valeur d'un homogénat de poissons.
(3) N/D: Non déterminé.
(4) I: Échantillon insuffisant pour fins d'analyse.

TABLEAU 12

CONCENTRATION DE MÉTAUX LOURDS ET AUTRES POLLUANTS DANS LES POISSONS DU FLEUVE SAINT-LAURENT (1976)

CONTAMINANTS	CONCENTRATIONS (mg/kg)		
	minimum	maximum	moyenne
Cadmium	< 0,05	0,1	0,05
Chrome	0,05	1,6	0,4
Cuivre	0,1	3,0	0,7
Nickel	0,1	1,7	0,5
Zinc	2,0	75,0	15,0
Mercure	0,1	3,5	0,9
BPC	0,05	15,0	-
DDT total	ND	1,1	-
Dieldrine	ND	0,1	-
Autres pesticides	ND	0,05	-

ND = Non détecté

Source: Sloterdijk, 1977.

Bien que les résultats d'analyses des métaux lourds et des pesticides organochlorés dans la chair des ménés n'indiquent pas de contamination majeure mettant en danger les biocénoses de ce bassin versant, il est évident qu'il existe des sources diffuses de substances toxiques, principalement pour le mercure dont l'origine est peut-être naturelle. La détection de ce métal dans les jeunes poissons nous porte à croire que les concentrations dans les poissons adultes, principalement les espèces prédatrices comme le grand brochet (Esox lucius), devraient être relativement élevées et pourraient dépasser les normes restrictives pour la consommation.

6.0 CONCLUSION

Le bassin versant de la rivière Saint-Jean s'étend, en partie, dans les provinces du Québec et du Nouveau-Brunswick et également dans l'état du Maine. La population habitant la partie québécoise est estimée à 22 187 habitants. L'économie est basée sur l'exploitation des ressources de base dont le secteur forestier. L'industrie et l'agriculture sont très peu développées; le secteur étudié est donc principalement boisé.

Les résultats analytiques des paramètres physiques de l'ensemble des stations du bassin versant de la rivière Saint-Jean indiquent que la qualité de l'eau est relativement bonne malgré des eaux turbides et très colorées. Les variations des données de ces deux paramètres sont attribuables aux types de sols, au ruissellement des eaux de surface et au tracé souvent sinueux des rivières qui contribue à accentuer l'érosion des berges. La turbidité et la couleur de l'eau sont plus élevées dans le bassin versant de la Grande Rivière Noire (stations 9309, 9310, 9311).

En ce qui concerne l'alcalinité et la dureté, il semble y avoir un bon rapport avec la géologie de la région. Presque tous les échantillons ont une alcalinité inférieure à 30 mg/l, ce qui indique qu'il ne faut pas trop compter sur la capacité tampon des eaux de cette région.

Les résultats analytiques des autres paramètres révèlent que les concentrations sont comparables aux valeurs observées dans les eaux naturelles, quoique dans certains cas, elles dépassent légèrement les objectifs établis pour la consommation domestique ou la protection de la vie aquatique. Notons que ces objectifs sont des concentrations qu'il serait souhaitable d'atteindre à long terme et qu'ils correspondent à des exigences plus sévères. Conséquemment, ces résultats ne présentent pas à court terme de danger pour l'homme ou pour la protection des biocénoses aquatiques.

Toutefois, les analyses bactériologiques signalent une contamination bactérienne importante dans le sous-bassin de la rivière Saint-François. Les échantillons d'eau analysés dans le tronçon de la rivière, s'étendant du lac Pohénégamook au lac Beau, contiennent des quantités importantes de

coliformes fécaux et de streptocoques fécaux. La source de la contamination est d'origine humaine (présence d'égouts domestiques) mais une contribution agricole (élevage de bétail) est observée à la station 9305. Les eaux de la rivière Saint-François ne conviennent donc pas à des utilisations domestiques et récréatives. Il est peu probable que cette contamination se propage dans le lac Beau ou à l'aval de son émissaire à cause du phénomène de dilution.

Dans les sous-bassins de la rivière Saint-Jean, Daaquam, Frontière, Grande Rivière Noire, les analyses bactériologiques sont basées sur un seul relevé et ne permettent pas de se prononcer avec certitude sur l'importance de la contamination bactérienne. Toutefois, la détection de coliformes fécaux et de streptocoques fécaux dans ces rivières indique un enrichissement des eaux causé par des sources humaines et agricoles et incite à la prudence en ce qui concerne les usages de l'eau.

L'identification des communautés benthiques de l'ensemble des stations d'échantillonnage du bassin versant de la rivière Saint-Jean révèle une qualité de l'eau généralement bonne à excellente. La diversité des organismes est de moyenne à élevée alors que l'indice biotique classe l'état de l'eau de naturel à légèrement perturbé. Une seule station ne montre pas cette tendance, il s'agit de la station 9306 située à la décharge du lac Pohénégamook (sous-bassin de la rivière Saint-François); la diversité est faible et l'indice biotique montre que les eaux sont significativement enrichies ou perturbées. La présence d'égouts domestiques en amont de la station semble affecter les organismes sensibles à la pollution.

L'analyse des substances toxiques dans la chair des ménés indique que les concentrations des métaux lourds tels le mercure, le cuivre et le zinc sont relativement élevées. Ces concentrations du mercure sont comparables aux concentrations détectées dans les ménés du lac Saint-François, un élargissement du fleuve Saint-Laurent, considéré comme contaminé par le mercure (Sloterdijk; communication personnelle). Les concentrations de cuivre et de zinc dans les ménés sont comparables à celles détectées dans les poissons adultes du fleuve Saint-Laurent (Sloterdijk, 1977). Par conséquent, les poissons adultes devraient être aussi contaminés sinon plus. Quant aux

pesticides, les teneurs sont faibles, mais ils sont détectés dans les ménés vivant dans ces rivières. Ces résultats démontrent que des sources diffuses de substances toxiques, principalement le mercure, contribuent à la dégradation des eaux du bassin versant de la rivière Saint-Jean. Ces sources sont probablement d'origine naturelle (géologique).

BIBLIOGRAPHIE

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, et al., 1976. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 14th ed. Washington, D.C., 1 193 p.

BERNIER, L., 1981. Documentaire socio-économique sur les bassins limitrophes, Québec - Etats-Unis. Direction générale des eaux intérieures, Direction de la qualité des eaux, Région du Québec, Environnement Canada. Pagination par chapitre.

CHOINIÈRE, L., 1984. Description physique des bassins versants des rivières transfrontalières entre le Canada (région du Québec) et les États-Unis. Direction générale des eaux intérieures, Direction de la qualité des eaux, Région du Québec, Environnement Canada, 98 p.

ENVIRONNEMENT CANADA, 1981. Analytical Methods Manual. Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Environment Canada. Non paginé.

ENVIRONNEMENT CANADA, 1983. Échantillonnage pour la qualité de l'eau. Direction de la qualité des eaux, Direction générale des eaux intérieures, Ottawa, 67 p.

E.P.A., 1972. Water Quality Criteria. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., 594 p.

FEACHEM, R., 1975. An Improved Role for Faecal Coliform to Faecal Streptococci Ratios in the Differentiation between Human and Non-Human Pollution Sources. Wat. Res. 9: 689.

GELDREICH, E.E., 1976. Microbiology of Water Journal Water Pollution. Control Fed., 48: 1338-1356.

BIBLIOGRAPHIE (suite)

GERMAIN, A., SLOTERDIJK, H., BIDALLE, J., 1984. Études de la qualité des eaux de lacs transfrontaliers Canada (Région du Québec) - États-Unis. Manuscrit en préparation. Environnement Canada, Direction générale des eaux intérieures, Région du Québec. Non paginé.

GOUIN, D., MALO, D., 1977. La qualité générale des eaux du bassin du fleuve Saint-Laurent. Service de la Protection de l'Environnement du Québec, rapport soumis au Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent, rapport technique no 11, 363 p.

HELLAWELL, J.M., 1978. Biological Surveillance of Rivers. A collaborative production betweeen: Natural Environment Research Council, Water Research Centre and Regional Water Authorities, England, 331 p.

HILSENHOFF, W.L., 1977. Use of Arthropods to Evaluate Water Quality of Streams. Technical Bulletin no. 100. Department of Natural Resources, Wisconsin, 17 p.

HYNES, H.B.N., 1971. The Biology of Pollution Waters. University of Toronto Press, 202 p.

HYNES, H.B.N., 1978. The Ecology of Running Waters. University of Toronto Press, 555 p.

LEGENDRE, L., et LEGENDRE, P., 1979. Écologie numérique; Tome 1, Le traitement multiple des données écologiques. PUQ/Masson, Québec et Paris, 197 p.

MCNEELY, R.N., NEIMANIS, V.P. et DWYER, L., 1980. Références sur la qualité des eaux - Guide des paramètres de la qualité des eaux. Direction générale des eaux intérieures, direction de la qualité des eaux, Environnement Canada, 100 p.

BIBLIOGRAPHIE (suite)

SHINDLER, D.B., 1981. Le rôle de la biologie dans le programme de surveillance, administré par la direction de la qualité des eaux. Direction générale des eaux intérieures, direction de la qualité des eaux, Environnement Canada. Non paginé.

SLOTERDIJK, H., GUAY, G., 1982. Interprétation des résultats des analyses de la qualité de l'eau des rivières transfrontalières du 45 ieme parallèle. Direction générale des eaux intérieures, Direction de la qualité des eaux, région du Québec, Environnement Canada, 89 p.

SLOTERDIJK, H., 1981. Bacteriological Survey of the St-François River on the Québec-Maine Border; July 1981. Environment Canada, Environmental Conservation Service, Inland Waters Directorate, 9 p.

SLOTERDIJK, H., 1977. Accumulation des métaux lourds et des composés organochlorés dans la chair des poissons du fleuve Saint-Laurent. M.L.C.P.Q., rapport soumis au Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent, rapport technique no. 7, 181 p.

SOUS-COMITÉ INTERNATIONAL DE LA QUALITÉ DE L'EAU DE LA RIVIÈRE SAINT-JEAN, 1980. Révision et mise à jour des objectifs de la qualité des eaux internationales de la rivière Saint-Jean. Environnement Canada, 54 p.

WARREN, C.E., 1971. Biology and Water Pollution Control. W.B. Saunders Company, 434 p.

APPENDICE 1

NOMBRE DE SPÉCIMENS D'ARTHROPODES PRÉLEVÉS DANS LES STATIONS DU RÉSEAU TRANSFRONTALIER DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE SAINT-JEAN

TAXON	CB*	STATIONS										
		9315	9305a	9305b	9306	9316	9317	9309	9310	9312	9311	9313
TRICHOPTÈRES												
Brachycentridae										1		
Brachycentrus	1		1	1								
Micrasema	0											
Hydropsychidae												
Hellcopsyche	1											
Helicopsychidae												
Cheumatopsyche	4			1	2		1		1	4		10
Hydropsyche	3	12	1	1	1	2	3	1	86	23	2	27
Macronema	1									17		
Hydroptilidae												
Hydroptila	3		3									
Leucotrichia	3											
Ochrotrichia	3			1								
Lepidostomatidae												
Lepidostoma	2		1									
Leptoceridae												
Ceraclea	2			3								
Oecetis	2			1								
Limnephilidae												
Hydatophylax	1										1	
Neophylax	1									2		
Philopotamidae										1		
Chimarra	1									1		
Dolophilodes	0			3		2	12					
Polycentropodidae												
Polycentropus	0			1				1		2		
Rhyacophilidae												
Rhyacophila	0								6	4		1
Glossosomatidae												
Glossosoma	1					1	3					
Odontoceridae												
Psilotreta	-						1		1		2	

TAXON	OB*	STATIONS										
		9315	9305a	9305b	9306	9316	9317	9309	9310	9312	9311	9313
ÉPHÉMÉROPTÈRES												
Baetidae												
Baetis	2½	2	1				5		19	4		5
Centroptilum	1		6			1						
Pseudocloeon	2	3	13	1			1					7
Baetiscidae												
Baetisca	2		3			4						
Caenidae												
Caenis	4											
Ephemerellidae												
Ephemerella	1	7	38	32		10	20	1	4	3		56
Heptageniidae												
Epeorus	0	8		1		8	21			3	6	1
Heptagenia	1	5	5	9	1	12	14	2	53	11	22	15
Stenacron	3	3				6	2	3	8	4	5	1
Stenonema	1	2		3				3	3	6	7	2
Leptophlebiidae												
Paraleptophlebia	1	1	2			2	7	1		3		5
Siphlonuridae												
Isonychia	2	3				3	5			2		
Tricorythidae												
Tricorythodes	2		2									7
Ephemeridae												
Ephemera	1					5	1	10	3			
PLÉCOPTÈRES												
Leuctridae												
Leuctra	0			1		3	6					
Perlidae												
Acroneuria	0	1								2		
Paragnetina	1						1			6		
Phasganophora	0	4				2	2		14			

TAXON	OB*	STATIONS										
		9315	9305a	9305b	9306	9316	9317	9309	9310	9312	9311	9313
Pteronarcidae												
Pteronarcys	1						1					1
Chloroperlidae												
Paraperla	-											1
MÉGALOPTÈRES (HÉMIPTÈRES)	-								1			
Veliidae												
Rhagovelia	-								1			
Mesoveliidae												
Mesovelia	-									1		
Saldidae	-										2	
Corixidae	-											2
HOMOPTÈRES												
Cicadellidae	-								2			
ODONATES												
Anisoptères												
Gomphidae												
Ophiogomphus	0	1		2			1	2			3	9
Aeshnidae												
Boyeria	0					1		1			2	
DIPTÈRES												
Ceratopogonidae	3		2									1
Chironomidae	-		45	10	1	1	7	6	32	9	6	22
Rhagionidae												
Atherix	2							1	9			
Simuliidae	0			1			1					
Similium	1					1						
Tipulidae	-						2					
Antocha	2						1					
Hexatoma	3	1	1			1	1		2			5

TAXON	CB*	STATIONS										
		9315	9305a	9305b	9306	9316	9317	9309	9310	9312	9311	9313
Tabanidae	-							1				
COLÉOPTÈRES												
Elmidae	-			1								
Dubiraphia	3							1				
Optioservus	2		5				4	1	10			25
Stenelmis	2	2	1				3			2		25
Psephenidae												
Psephenus	2	7								2	9	
Helodidae	-									1		
GASTÉROPODES												
Ancylidae												
Ferrissia	-			1								
COPÉPODES	-				1							
DÉCAPODES												
Astacidae												
Cambarus	-					1	2		2	2	1	
PELECYPODES												
Sphaeriidae	-									1		
Pisidium	-											2
Musculium	-									7		
HIRUDINÉES	-									1		
HYDRACARIENS	-		3									
OLIGOCHÈTES	-				1		18		3	1		20

* CB = Cote biotique selon HILSENHOFF (1977).

APPENDICE 2

LES PARAMÈTRES MESURÉS ET LEUR SIGNIFICATION

TABLE DES MATIÈRES

PAGE

TABLE DES MATIÈRES..... i

L'EAU 1

1.0 LES PARAMÈTRES PHYSIQUES 2
1.1 L'alcalinité 2
1.2 La conductivité 2
1.3 La couleur 3
1.4 La dureté de l'eau 3
1.5 Matières solides en suspension 4
1.6 La turbidité 5
1.7 Le pH 5

2.0 LES SUBSTANCES NUTRITIVES 6
2.1 L'azote 7
2.2 Le phosphore 8
2.3 L'ammoniac 9
2.4 Le carbone organique total 10

3.0 LES MÉTAUX 10
3.1 L'aluminium 11
3.2 Le fer 12
3.3 Le manganèse 12
3.4 Le cadmium 13
3.5 Le chrome 13
3.6 Le cuivre 13
3.7 Le mercure 14
3.8 Le nickel 14
3.9 Le zinc 15

TABLE DES MATIÈRES (suite)

PAGE

4.0 LES MÉTAUX ALCALINO-TERREUX 15
4.1 Le calcium 15
4.2 Le potassium 16
4.3 Le sodium 16
4.4 Le magnésium 16

5.0 LES HALOGÉNURES 17
5.1 Les chlorures 17

6.0 LES PARAMÈTRES BIOLOGIQUES 18
6.1 La bactériologie 18

BIBLIOGRAPHIE 20

APPENDICE 2

LES PARAMÈTRES MESURÉS ET LEUR SIGNIFICATION

Dans cette section, nous donnerons un bref aperçu de la signification des paramètres mesurés dans les échantillons d'eau. Les paramètres mesurés dans et les poissons tels les métaux lourds, les BPC et les pesticides organochlorés ont déjà été discutés dans la section 3.0.

L'EAU

Trois rapports (Hem, 1970; E.P.A., 1976; McNeely et al., 1980) ont fourni les principaux critères des analyses effectuées dans la présente étude. Afin de ne pas répéter ces rapports, seule l'information jugée nécessaire pour mieux comprendre les résultats a fait l'objet d'un document synthèse (Sloterdijk et Guay, 1982) dont nous reprenons les grandes lignes. Pour plus de détails, il est conseillé de consulter les rapports cités.

Lorsque possible, nous présentons pour chaque paramètre les concentrations naturelles rencontrées, et quand ils existent, les critères de qualité exigés. Seuls les critères pour la qualité de la vie aquatique et la survie des organismes seront présentés, car ils sont souvent les plus sévères. Par conséquent, en observant les critères pour la qualité de la vie aquatique, on rencontre en général les autres critères, comme ceux qui s'appliquent à la baignade, l'eau potable, etc. Pour certains paramètres où il n'y a pas de critères pour la qualité de la vie aquatique, il a fallu se servir de d'autres critères de qualité.

Les critères présentés dans la présente annexe n'ont pas d'implication légale. Ils constituent plutôt des directives destinées à aider le lecteur à interpréter et comprendre la portée des résultats.

Le présent rapport ne porte que sur l'eau douce de surface et exclut les eaux salées ou souterraines.

1.0 LES PARAMÈTRES PHYSIQUES

1.1 L'alcalinité

L'alcalinité est une mesure de la capacité de l'eau à neutraliser un acide, c'est-à-dire son pouvoir-tampon. Par exemple, une eau de faible alcalinité est beaucoup plus vulnérable aux pluies acides qu'une eau d'alcalinité plus élevée.

Au Canada, l'alcalinité provient le plus souvent des bicarbonates des alcalino-terreux, bien que d'autres composés puissent y contribuer. Par conséquent, elle est étroitement liée à la dureté causée par les carbonates de calcium et de magnésium. Les concentrations sont exprimées en milligrammes par litre de $CaCO_3$. Les valeurs naturelles dépassent rarement 50 mg/l. En général, on considère des concentrations entre 30 mg/l et 50 mg/l acceptables pour les différents usages de l'eau. Toutefois, afin de protéger la vie aquatique, on doit éviter des changements brusques et maintenir l'alcalinité à des niveaux naturels de base.

1.2 La conductivité

La conductivité spécifique est une expression numérique qui fournit un indice de la facilité avec laquelle l'eau peut faire passer un courant électrique. Il s'ensuit qu'une eau relativement pure a une conductivité très faible, tandis qu'une eau de concentration élevée en espèces ioniques présente une conductivité élevée. La conductivité est exprimée en microsiemens par centimètres (uS/cm) ou en micromhos par centimètre (umhos/cm). Puisque la température influence la conductivité, il faut utiliser une température standardisée, habituellement 25°C. La conductivité des eaux varie entre 50 uS/cm et 1 500 uS/cm. C'est dans les régions arides que l'on retrouve les valeurs les plus élevées. En général, la conductivité diminue avec les crues et augmente de nouveau pendant l'étiage. La valeur limite

acceptable pour la qualité de la vie est de 500 umhos/cm (Gouin et Malo, 1977). Toutefois, tout changement brusque indique un changement dans la concentration de matières solides dissoutes et peut signaler un incident qui a affecté la qualité de l'eau.

1.3 La couleur

La couleur vraie (échantillon filtré) est une mesure de la présence des composés colorants dissouts. Dans les eaux naturelles, elle peut être expliquée par la présence de certains métaux (fer et manganèse) ou de matière organique (acides humides et fulviques, tannins). Les activités humaines peuvent y contribuer par les effluents industriels et le drainage agricole.

La couleur est mesurée selon la méthode au platine-cobalt et est exprimée en unités Pt-Co. Une eau qui paraît non colorée mesure en bas de 10 unités, tandis qu'à 100 ou plus elle ressemble à du thé noir. L'eau provenant des tourbières peut avoir 200 à 300 unités Pt-Co.

La limite acceptable pour l'eau potable est de 15 unités Pt-Co, tandis que pour les sports de contact (par exemple, la natation) la limite permissible est de 100 unités, bien que l'objectif souhaitable soit de 15 unités. Quant à la vie aquatique, les directives suggèrent que la couleur naturelle d'un cours d'eau ne doit pas être augmentée par les activités humaines, car une couleur plus prononcée diminue la productivité primaire en interférant avec la photosynthèse.

1.4 La dureté de l'eau

La dureté est causée principalement par la présence de sels de calcium et de magnésium. Une dureté élevée se manifeste dans la vie quotidienne par la difficulté à produire de la mousse avec du savon ou du détersif.

La dureté est exprimée en milligrammes de $CaCO_3$ par litre d'eau. L'échelle de la dureté peut être présentée comme suit:

Dureté, en mg de $CaCO_3$ par litre d'eau	Degré de dureté
> 30	Eau très douce
31 - 60	Eau douce
61 - 120	Transition d'une eau douce vers une eau dure
121 - 180	Eau dure
> 180	Eau très dure

Il n'y a pas de critère pour la vie aquatique, toutefois, une dureté qui atteint moins de 120 mg/l de $CaCO_3$ par litre est souhaitable pour la plupart des usages humains. D'autre part, une eau trop douce peut être corrosive. Ce pouvoir corrosif est influencé par le pH, l'alcalinité, la température et l'oxygène dissous.

1.5 Matières solides en suspension

Le résidu restant après filtration sur un filtre de 0,45 u est un indice de la concentration des matières solides en suspension. On fait une distinction entre le résidu non filtrable total (séché à 105°C) et le résidu non filtrable fixe (séché à 500°C). Le premier comprend la totalité des matières solides en suspension, tandis que le dernier est une mesure de la partie inorganique, ou minérale et non volatile. Il s'ensuit que la différence entre ces deux mesures représente la partie organique et volatile des matières solides en suspension.

Pour la protection de la vie aquatique, on recommande que la concentration de matières solides en suspension ne dépasse pas 25 mg/l. D'autre

part, on suggère que la profondeur normale de compensation (photosynthèse, respiration) ne soit pas augmentée par les activités humaines, étant donné que la concentration de ces matières est liée à la turbidité et influence le passage de la lumière. Toutefois, les critères pour l'eau destinée à un usage industriel sont plus sévères, atteignant 0,5 mg/l à 15 mg/l selon le type d'industrie.

1.6 La turbidité

La turbidité constitue un indice de la teneur en matières en suspension. Toutefois, cette mesure n'équivaut pas à la détermination de la concentration des matières en suspension par filtration et gravimétrie, étant donné qu'elle consiste en une évaluation optique de la capacité de l'eau à transmettre la lumière, capacité qui influence la productivité primaire en permettant plus ou moins la photosynthèse (tous les autres facteurs restant égaux).

La turbidité est exprimée en unités de turbidité Jackson (U.T.J.) selon la méthode analytique utilisée. L'eau distillée présente une turbidité non détectable, tandis que les eaux vannes pourront avoir une turbidité aussi élevée que 1 000 U.T.J. Les eaux naturelles à turbidité élevée peuvent se caractériser par quelques centaines de U.T.J.

Pour la protection de la vie aquatique, on suggère que les activités humaines n'entraînent pas une augmentation de la turbidité naturelle afin d'éviter une diminution de la production primaire. Pour un usage récréatif, on recommande des valeurs ne dépassant par 50 U.T.J.

1.7 Le pH

Le pH indique l'équilibre qui existe entre les composés acides et les composés alcalins de l'eau. Il mesure la concentration des ions d'hydro-

gène dans l'eau. Les valeurs sont exprimées en unités pH, mais le plus souvent elles sont indiquées sans la notation des unités. Comme valeur, le pH est le logarithme négatif de la concentration d'ions H. L'échelle de valeur varie entre 0 et 14. La valeur de 7 est attribuée à une solution neutre, tandis qu'une solution acide possède une valeur inférieure à 7, et une solution basique, une valeur supérieure à 7.

Les eaux naturelles varient entre 4 et 9, et les milieux aquatiques sont tamponnés par le système bicarbonate-carbonate (voir alcalinité).

Pour la protection du milieu aquatique, on recommande un pH entre 6,5 et 9. De plus, on suggère de ne pas causer un changement de plus de 0,5 unité dans le milieu naturel à la suite des activités humaines. Le pH peut influencer la composition spécifique du milieu aquatique ainsi qu'affecter la disponibilité des substances nutritives et la toxicité relative des éléments à l'état de traces tels les métaux lourds. Toutes ces considérations sont étroitement liées aux problèmes des pluies acides surtout lorsque les bassins offrent un pouvoir tampon plutôt faible envers ces précipitations.

2.0 LES SUBSTANCES NUTRITIVES

Les substances nutritives sont des composés essentiels à la croissance des plantes. Pour le milieu aquatique, elles comprennent surtout les composés d'azote et de phosphore, bien que certains éléments soient aussi essentiels, mais à des concentrations très faibles.

Une augmentation de ces substances peut entraîner une multiplication nuisible des plantes aquatiques, qui se manifeste par une floraison d'algues et par des herbiers plus denses et plus étendus.

L'enrichissement des eaux, surtout des lacs, par les substances nutritives est souvent appelé eutrophisation. Ce phénomène d'enrichissement et les problèmes qui l'accompagnent sont discutés et expliqués dans un excellent livre écrit par M. Vallentyne (Vallentyne, 1978).

L'eutrophisation se produit surtout dans les lacs, bien que des rivières et des ruisseaux puissent être "enrichis" par un apport accru de substances nutritives. Normalement, l'eutrophisation est l'aboutissement naturel du vieillissement d'un lac, mais sur une échelle de temps géologique. Toutefois, les activités humaines peuvent l'accélérer, ce qui a des effets néfastes sur le milieu aquatique.

Les composés du phosphore ont été identifiés comme les substances les plus problématiques, étant donné que le phosphore est habituellement le facteur qui limite la croissance des plantes aquatiques.

2.1 L'azote

Les composés à l'étude sont les nitrites-nitrates et l'azote total Kjeldahl. Les nitrites-nitrates sont les formes de l'azote disponibles aux plantes, tandis que l'azote total Kjeldahl donne une mesure des réserves d'azote disponibles au budget total des substances nutritives.

a) Nitrites-nitrates. Les nitrates sont la forme principale de l'azote dans l'eau. Les nitrites se trouvent souvent en quantité négligeable, bien que la méthode analytique les inclue. Les concentrations sont exprimées en milligrammes de N par litre d'eau.

Les concentrations dans les eaux naturelles peuvent monter jusqu'à 1 mg/l et parfois jusqu'à 5 mg/l. Dans certains cas exceptionnels, on a retrouvé plus de 100 mg/l. Des concentrations élevées, plus de 5 mg/l, indiquent des conditions non sanitaires, les égouts domestiques et les activités agricoles constituant une source majeure artificielle de nitrates. Notons qu'une limite de 10 mg/l a été établie pour l'eau potable.

Quant au niveau d'enrichissement des cours d'eau, il n'y a pas de critère, étant donné que le phosphore constitue souvent le facteur limitatif. Toutefois, dans le cadre d'une étude du fleuve Saint-Laurent, Keighan (1977) recommande pour les tributaires du fleuve un maximum de 0,3 mg/l d'azote inorganique afin d'éviter une prolifération massive d'algues. Puisque les concentrations des nitrites et de l'ammoniac sont souvent négligeables, on peut probablement appliquer une telle norme aux concentrations des nitrates seuls. Toutefois, cette norme ne peut pas être appliquée globalement car plusieurs facteurs peuvent modifier la productivité primaire.

b) Azote total Kjeldahl. L'expression azote total Kjeldahl (NKT) provient de la méthode analytique Kjeldahl qui mesure les concentrations totales de l'azote ammoniacal (NH_3-NH_4) et de l'azote organique. L'azote total Kjeldahl contribue à l'abondance de substances nutritives et par conséquent à une réserve d'azote pour la production primaire de la végétation aquatique.

Les concentrations naturelles varient habituellement entre 0,1 mg et 0,5 mg de N par litre. Il n'y a pas de critère établi pour l'azote total Kjeldahl.

2.2 Le phosphore

Le phosphore se trouve sous forme inorganique et organique dans les eaux naturelles. Le phosphore inorganique, surtout les orthophosphates, est la forme du phosphore directement disponible comme substance nutritive pour les plantes aquatiques, tandis que le phosphore organique peut contribuer au budget total des substances nutritives. Le phosphore constitue souvent le facteur qui limite la croissance des plantes. Par conséquent, toute augmentation de la concentration de phosphore des eaux par des sources artificielles (égouts domestiques, effluents industriels, activités agricoles) peut entraîner un enrichissement peu désirable qui se traduit par une prolifération d'algues et de macrophytes.

Les teneurs en phosphore total des eaux naturelles de surface sont peu élevées, car les phosphates (la forme sous laquelle on rencontre le plus souvent le phosphore), sont absorbés rapidement par les plantes aquatiques (algues, macrophytes). Dans les lacs non contaminés, les concentrations s'élèvent approximativement à 0,01 mg de P par litre. Les critères varient en fonction du type d'eaux; ils sont recommandés afin d'éviter la prolifération non désirée des algues ou des herbiers. Les concentrations maximales souhaitables de phosphore total dans les eaux devraient être de 0,10 mg/l de P dans une eau courante, de 0,05 mg/l pour une eau entrant dans un lac ou un réservoir et de 0,025 mg/l pour les lacs ou les réservoirs. Toutefois, certains autres facteurs modifient l'effet de l'enrichissement d'un plan d'eau sur la productivité primaire: la présence d'autres substances nutritives et de facteurs stimulants et inhibiteurs, le climat, la morphologie du bassin, le régime hydrologique, etc. L'enrichissement des eaux et ses implications constituent un sujet assez complexe pour ne pas élaborer davantage, mais nous recommandons que le lecteur intéressé consulte Allen et Kramer (1972).

2.3 L'ammoniac

L'ammoniac est la forme inorganique la plus réduite de l'azote dans l'eau; lorsqu'il se dissout dans l'eau, il s'établit un équilibre chimique entre l'ammoniac, les ions ammonium et les ions hydroxydes.

L'ammoniac et ses sels sont très solubles dans les eaux et contribuent à la fertilité d'une eau puisque l'azote constitue une substance nutritive essentielle aux végétaux.

Les concentrations naturelles de l'ammoniac sont généralement inférieures à 0,1 mg/l d'ammoniac peut être l'indice d'une pollution par les eaux d'égouts et par les activités industrielles ou agricoles. Par conséquent, des concentrations trop élevées peuvent favoriser la croissance des biocénoses.

Pour protéger la vie aquatique L'EPA suggère que les eaux ne contiennent pas plus de 0,02 mg/l d'ammoniac.

2.4 Le carbone organique total

La plus grande partie du carbone organique des eaux est constituée de substances humiques et de matériaux biologiques partiellement dégradés et qui résistent à la dégradation microbienne. On calcule généralement le carbone organique total en soustrayant le carbone inorganique total du carbone total.

Les concentrations naturelles du carbone organique total sont ordinairement comprises entre 1 et 3 mg/l. Des valeurs plus élevées proviennent des activités humaines telles le drainage agricole, les effluents municipaux ou industriels et particulièrement de l'industrie de la pâte et papier.

Il n'a pas de principes directeurs pour le carbone organique total. Toutefois, on a observé que les eaux qui en contiennent moins de 3,0 mg/l sont relativement propres (Environnement Canada, 1977).

3.0 LES MÉTAUX

A l'exception du fer, les métaux lourds se trouvent en concentration très faibles dans l'eau. Pour cette raison, on parle souvent de métaux à l'état de traces. L'expression "métaux lourds" est basée sur leur position dans le tableau périodique, laquelle explique leur poids moléculaire élevé.

Dans le milieu aquatique, on retrouve les métaux dans les états suivants (Demayo et al., 1978):

- dissouts comme ions libres et complexes,
- particulaires (a) comme précipités inorganiques (hydroxydes, sulfures, carbonates et sulfates), (b) adsorbés ou complexés avec des composés de poids moléculaires élevés ou des particules d'argile,
- adsorbés ou mélangés avec les sédiments du fond,
- incorporés dans la biomasse des organismes ou adsorbés sur les organismes.

La forme chimique (ion libre, adsorbé, complexé, etc.) sous laquelle se trouve le métal dans l'eau influence beaucoup sa toxicité. Il semble que, dans la plupart des cas, l'état ionique soit le plus toxique. Par conséquent, les concentrations totales de métal, comme nous les avons dosées, deviennent moins significatives. Toutefois, spécifier toutes les formes des métaux présente encore beaucoup de problèmes analytiques et les résultats obtenus ont malgré tout leurs avantages parce qu'ils servent à détecter s'il y a pollution ou non.

Demayo et al. (1978) ont traité ce sujet de façon plus détaillée dans leur publication.

Certains paramètres physico-chimiques tels que le pH, l'alcalinité et la dureté affectent les formes chimiques des métaux dans l'eau et, par ce fait, leurs effets toxiques (Forstner et Wittmann , 1979). Par exemple, la même concentration d'un métal donné s'avère plus toxique dans une eau douce que dans une eau plus dure. Une eau dure réduit la solubilité d'un métal en formant des précipités et des particules colloïdales. En général, les métaux non essentiels aux systèmes biologiques comme le cadmium, le plomb et le mercure sont beaucoup plus toxiques que les métaux essentiels comme le cuivre, le chrome et le zinc. De plus, certaines formes organiques, notamment le mercure méthylé, se sont avérées extrêmement toxiques pour les organismes aquatiques, d'autant plus que ces composés peuvent s'accumuler dans les systèmes.

3.1 L'aluminium

L'aluminium ne se trouve pas sous sa forme élémentaire dans les eaux parce qu'il est insoluble. Toutefois, les sels d'aluminium sont solubles et très toxiques pour les poissons lorsque les concentrations sont comprises entre 1,0 et 5,0 mg/l d'aluminium.

Les eaux naturelles contiennent généralement moins de 1,0 mg/l d'aluminium, quoique les eaux acides puissent en contenir plus. Les sources anthropiques d'aluminium proviennent principalement des industries du papier, des teintures et du tannage et comme mordant dans l'impression des tissus.

Il n'y a pas de principes directeurs pour protéger les organismes aquatiques, mais on a proposé une limite provisoire de 0,100 mg/l d'aluminium. Cette valeur correspond à la concentration maximale admissible pour protéger les baigneurs.

3.2 Le fer

Les concentrations totales de fer dans les eaux naturelles sont habituellement en bas de 0,5 mg/l. Le fer est très peu soluble à un pH de plus de 4,8. Donc, normalement, on le retrouve sous forme particulaire ou colloïdale, ou complexé avec certains composés organiques. Une eau naturellement très colorée contient souvent beaucoup de fer. Les ions ferreux existent surtout dans des conditions réductrices, par exemple dans les eaux souterraines, tandis que les ions ferriques prédominent dans les eaux de surface.

La norme pour l'eau potable est de 0,3 mg de fer par litre d'eau et est basée sur des considérations esthétiques. On utilise la même norme pour la vie aquatique, bien qu'une norme de 1,0 mg/l ait été recommandée. Les précipités du fer peuvent nuire aux organismes aquatiques, par exemple, en colmatant les tissus respiratoires.

3.3 Le manganèse

Le manganèse ressemble au fer par son comportement dans l'environnement, bien qu'il y ait des différences. Les formes retrouvées dans l'eau sont les ions manganeux (Mn^{2+}), qui s'oxydent facilement en ions manganiques (Mn^{4+}), une forme peu soluble.

Les concentrations de manganèse sont généralement peu élevées, moins de 0,2 mg par litre d'eau. Elles atteignent rarement 1 mg/l. Il n'y a pas de critères établis pour la vie aquatique. On recommande une limite de 0,05 mg/l pour l'eau potable en se basant sur des considérations esthétiques (goût de l'eau).

3.4 Le cadmium

Le cadmium ne se trouve dans l'eau qu'à l'état de traces, c'est-à-dire environ 0,1 ug à 10 ug par litre d'eau. Les niveaux plus élevés peuvent être attribués aux activités humaines.

Le milieu aquatique est sensible aux fortes concentrations de cadmium. Il y a, toutefois, peu de signes de bioaccumulation de ce métal dans la chaîne alimentaire. D'autres métaux lourds, comme le zinc et le cuivre, augmentent la toxicité du cadmium. Pour la protection de la vie aquatique, on recommande 0,2 ug/l comme concentration admissible.

3.5 Le chrome

Les composés de chrome provenant de sources naturelles sont en général assez rares. Toutefois, les activités humaines constituent une source importante de chrome, car certaines industries en utilisent beaucoup. Les concentrations trouvées dans l'eau s'élèvent généralement à moins de 1 ug/l.

La toxicité du chrome pour la vie aquatique varie avec les espèces ainsi qu'avec la forme chimique sous laquelle il se trouve. On recommande une concentration maximale de 40 ug/l à 50 ug/l pour la protection de la vie aquatique.

3.6 Le cuivre

Le cuivre est un élément essentiel pour les systèmes biologiques. Toutefois, sa toxicité pour les organismes aquatiques est relativement élevée selon la forme chimique sous laquelle on le rencontre. Certains caractères physico-chimiques de l'eau peuvent aussi modifier sa toxicité.

En général, les concentration naturelles ne dépassent pas 50 ug/l. Des concentrations plus élevées proviennent le plus souvent d'activités humaines. Pour la protection de la vie aquatique, on recommande une concentration maximale acceptable de 2 ug à 5 ug de Cu par litre d'eau.

3.7 Le mercure

Le mercure est probablement le métal le plus étudié comme contaminant de l'environnement aquatique. Ceci est dû, sans doute, au fait que le mercure inorganique peut se transformer en mercure méthylé dans le milieu aquatique sous une action microbienne dans les sédiments. Ce mercure organique peut s'accumuler dans le système des organismes aquatiques, et les concentrations augmentent le long de la chaîne alimentaire (voir section sur les poissons). Toutefois, les concentrations dans l'eau restent toujours très faibles, moins de 0,05 ug/l de Hg total, même dans les eaux où les concentrations de mercure chez les poissons sont élevées. De plus, seulement une fraction minime de mercure total dans l'eau se trouve sous forme méthylée (Sloterdijk, 1977).

Pour la protection de la vie aquatique, on recommande une concentration de mercure total en bas de 0,1 ug/l à 0,2 ug/l.

3.8 Le nickel

Les concentrations de nickel dans l'eau peuvent monter à 100 ug/l de Ni total, bien que souvent, elles ne dépassent pas la limite de détection de 1 ug/l. Des concentrations plus élevées indiquent la présence d'industries ou le voisinage de mines.

Pour la protection de la vie aquatique, on suggère une concentration maximale acceptable de 25 ug/l.

3.9 Le zinc

Le zinc est un des métaux à l'état de traces le plus abondant. Toutefois, dans l'eau, les concentrations sont habituellement en bas de 50 ug/l.

Bien que le zinc soit essentiel pour certains systèmes biologiques et qu'il soit peu toxique pour beaucoup d'organismes terrestres il s'avère très toxique pour les organismes aquatiques. Les formes chimiques du zinc et la physico-chimie de l'eau ainsi que la présence d'autres métaux (Cu, Cd) influencent sa toxicité. On recommande des concentrations en bas de 50 ug/l à 300 ug/l selon la dureté de l'eau, pour protéger la vie aquatique.

4.0 LES MÉTAUX ALCALINO-TERREUX

4.1 Le calcium

Le calcium, un métal alcalino-terreux, est un des cations les plus communs dans l'eau. Cet élément est relativement commun dans la croûte terrestre et il est facilement soluble dans l'eau.

Les concentrations naturelles sont inférieures, le plus souvent, à 15 mg/l, bien que l'eau passant près des roches calcaires peuvent en contenir de 30 à 100 mg/l.

Puisque le calcium contribue à la dureté de l'eau, sa présence en quantité élevée limite l'usage des eaux d'alimentation. On propose 75 mg/l comme objectif limite.

Il n'y a pas de normes pour la protection de la vie aquatique, étant donné que les fortes concentrations de calcium sont relativement sans danger et peuvent même diminuer la toxicité de certains métaux.

4.2 Le potassium

Le potassium, un des principaux métaux alcalins, est moins communs dans les eaux de surface que le sodium, dû au fait qu'il s'incorpore dans des minéraux stables (minéraux argileux).

Les concentrations dans les eaux de surface naturelles dépassent rarement 20 mg/l et sont le plus souvent en bas de 10 mg/l. Au Canada les eaux contiennent peu de métaux alcalins.

Il n'y a pas de critères pour la vie aquatique. Toutefois, les eaux industrielles contiennent de 50 à 100 mg/l de potassium et de sodium peuvent être nuisibles pour certaines industries.

4.3 Le sodium

Le sodium, principal métal alcalin, se trouve sous forme ionique dans toutes les eaux de surface. Les concentrations vont de 1 mg/l jusqu'à 100 000 mg/l. Dans les eaux normalement non-salées les concentrations sont le plus souvent en bas de 20 mg/l et rarement plus de 60 mg/l.

Il n'y a pas de critères pour la vie aquatique, mais les eaux d'alimentation ne doivent généralement pas contenir plus de 270 mg/l de Na.

4.4 Le magnésium

Le magnésium, un métal alcalino-terreux, est un constituant commun des eaux naturelles. Avec le calcium c'est le principal métal déterminant la dureté totale.

La teneur des eaux en magnésium est très variable; elle est généralement comprise entre 1 mg/l et 100 mg/l, dépendant de la proximité des sources naturelles de magnésium. Par contre, des valeurs élevées sont souvent mesurées près des sources anthropogéniques.

Le magnésium ne présente aucun danger pour l'homme et les biocénoses aquatiques. Par conséquent, il n'y a pas de critères spécifiques. Toutefois, des fortes concentrations peuvent entraîner des problèmes d'entartrage des appareils de chauffage à l'eau chaude.

5.0 LES HALOGÉNURES

Les halogènes se présentent généralement dans les eaux naturelles sous forme d'ions monovalents, les halogénures: fluorures (F^-), chlorures (Cl^-), bromures (Br^-) et iodures (I^-). Les chlorures sont des constituants importants des eaux naturelles alors que les autres halogénures ne se présentent qu'à l'état de traces. Les concentrations d'halogénures sont plus élevées dans l'environnement marin où l'on retrouve cinq fois plus de fluorures et 11 000 fois plus de bromures.

5.1 Les chlorures

- Les chlorures sont des anions importants qui sont contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles.

- On peut trouver des chlorures dans les dépôts de sulfates et de calcaires. L'action des agents atmosphériques et le lessivage des roches et des sols sédimentaires libèrent des chlorures dans les eaux.

- Même en grande quantité (600 mg/l), les chlorures n'ont pas de répercussions défavorables sur la santé des humains; toutefois, à cause du goût qu'ils donnent aux eaux, on a dû limiter

les concentrations maximales de chlorures. Les eaux des utilisations domestiques, agricoles et industrielles doivent contenir moins de 250 mg/l de chlorures. Une valeur inférieure à 10 mg/l est considérée comme une concentration naturelle pour les eaux de surface des régions humides.

6.0 LES PARAMÈTRES BIOLOGIQUES

6.1 La bactériologie

Les rapports de Geldreich et Kenner (1969), Grabow (1970), l'E.P.A. (1976) et McNeely et al. (1980) ont servi de référence dans l'élaboration de la présente section.

La transmission de certaines maladies par l'eau peut avoir lieu lorsqu'il y a contamination par des matières fécales, provenant de l'homme et d'autres animaux à sang chaud. Par conséquent, cette contamination rend l'eau dangereuse pour la consommation et pour la baignade. Puisque la détection des bactéries pathogènes dans l'eau est une tâche difficile et laborieuse, on utilise des méthodes indirectes, comme la détection des bactéries indicatrices, pour l'évaluation routinière des conditions sanitaires de l'eau.

Les bactéries généralement utilisées appartiennent au groupe de coliformes. La flore naturelle de l'intestin est constituée en grande partie par ces organismes, et ils sont si nombreux que leur détection est relativement facile. Ce ne sont pas des organismes pathogènes en soi, mais leur présence dans l'eau indique la contamination par des matières fécales et une probabilité élevée de la présence de bactéries pathogènes.

Bien qu'à l'origine on se soit fié au dénombrement des coliformes totaux, on s'est rendu compte que beaucoup d'organismes de ce groupe ne sont pas associés avec les matières fécales et peuvent provenir du sol non

contaminé et de la végétation. Pour ces raisons, on se sert maintenant aussi du dénombrement des coliformes fécaux. Ce groupe consiste principalement en Escherischia coli et est étroitement relié à la présence de matières fécales provenant des animaux à sang chaud, incluant l'homme. Puisque les égouts domestiques et les déchets humains présentent les sources les plus importantes, la présence d'un nombre élevé de coliformes fécaux indique en général une contamination provenant de ces sources.

Pour évaluer les valeurs acceptables pour la baignade, l'E.P.A. recommande d'échantillonner un minimum de 5 échantillons à tous les 30 jours. La moyenne géométrique des bactéries coliformes fécales ne devrait pas dépasser 200 organismes/100 ml et pas plus de 10% des échantillons ne devraient dépasser 400 organismes/100 ml. (Sloterdijk, 1981).

BIBLIOGRAPHIE

ALLEN, H.E. and KRAMER, J.R., 1972. Nutrients in Natural Waters. Environmental Science and Technology, Wiley-Interscience Series, John Wiley and Sons. 457 p.

DEMAYO, A., DAVIS, R.D., and FORBES, M.A., 1978. Forms of Metals in Water. Scientific Series no. 87, Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Environment Canada, Ottawa, 24 p.

ENVIRONNEMENT CANADA, 1977. La qualité des eaux de surface au Canada - Un aperçu. Direction générale des eaux intérieures, Direction de la qualité des eaux, Ottawa, Canada.

E.P.A., 1976. Quality Criteria for Water. U.S. Environmental Protection Agency, Washington. 256 p.

FORSTNER, U., WITTMANN, G.T.W., 1979. Métal Pollution in the Aquatic Environment. Springer - Verlag, Berlin Heidelberg New-York, 486 p.

GELDREICH, E.E. and KENNER, B.A., 1969. Concepts of Fecal Streptococci in Stream Pollution. J. Water Pollution Control Fed. 41:336-352.

GOUIN, D., MALO, D., 1977. La qualité générale des eaux du bassin du fleuve Saint-Laurent. Service de la Protection de l'Environnement du Québec, rapport soumis au Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent, rapport technique no 11, 363 p.

GRABOW, W.O.K., 1970. Literature Survey: the use of Bacteria as Indicators of Fecal Pollution in Water. CSIR Special Report O/WATI, Pretoria, South Africa. 27 p.

HEM, J.D., 1970. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. Geol. Surv. Water-Supply Paper 1473. U.S. Department of the Interior. 363 p.

BIBLIOGRAPHIE (suite)

KEIGHAN, E., 1977. Caractérisation du niveau d'enrichissement et de la toxicité des eaux du bassin du fleuve Saint-Laurent. Rapport technique no. 6, Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent, Québec, 153 p.

MCNEELY, R.N., NEIMANIS, V.P. et DWYER, L., 1980. Références sur la qualité des eaux - Guide des paramètres de la qualité des eaux. Direction générale des eaux intérieures, direction de la qualité des eaux, Environnement Canada, 100 p.

SLOTERDIJK, H., GUAY, G., 1982. Interprétation des résultats des analyses de la qualité de l'eau des rivières transfrontalières du 45 ième parallèle. Direction générale des eaux intérieures, Direction de la qualité des eaux, région du Québec, Environnement Canada, 89 p.

SLOTERDIJK, H., 1981. Bacteriological Survey of the St-François River on the Quebec - Maine Border; July 1981. Environment Canada, Environmental Conservation Service, Inland Waters Directorate, 9 p.

SLOTERDIJK, H., 1977. Accumulation des métaux lourds et des composés organochlorés dans la chair des poissons du fleuve Saint-Laurent. M.L.C.P.Q., rapport soumis au Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent, rapport technique no. 7, 181 p.

VALLENTYNE, J.R., 1978. L'homme, les lacs et la prolifération des algues. Publication diverse spéciale 22 F, ministère des Pêches et de l'Environnement, Ottawa, 196 p.